

MDSimulator12

使用方法

2017 年 9 月 9 日

目次

1	MDSimulator12 について	3
2	MDSimulator12 の動作環境	3
3	MDSimulator12 のインストール及びアンインストール.....	4
4	MDSimulator12 のシミュレーションモデル.....	4
4-1	迎撃ミサイル.....	4
4-1-1	迎撃ミサイルのタイプ.....	4
4-1-2	迎撃ミサイルの飛翔について	5
4-1-3	迎撃ミサイルの誘導について	6
4-1-4	迎撃ミサイルの管制モード	9
4-1-5	迎撃ミサイルの発射可能条件	10
4-2	弾道ミサイル.....	11
4-3	巡航ミサイル.....	13
5	MDSimulator12 の使い方	13
5-1	初期設定画面.....	13
5-1-1	迎撃ミサイルの設定	13
5-1-2	レーダーの設定	15
5-1-3	標的ミサイルの設定	16
5-1-4	その他の設定.....	18
5-1-5	ミニマップ.....	19
5-1-6	各モードの開始及び設定関連ボタン.....	29
5-2	シミュレーション	29
5-2-1	シミュレーション表示エリア	30
5-2-2	情報表示エリア	35
5-2-3	表示設定エリア	39
5-2-4	コントロールエリア	45
5-2-5	標的ミサイルの操作について	47
5-2-6	距離・方位測定モードについて	48
5-3	リプレイ	50
6	各ミサイルの概略及び性能.....	51
6-1	迎撃ミサイル.....	51
6-2	弾道ミサイル.....	53
7	謝辞.....	56
8	連絡先及び免責事項	56

1 MDSimulator12 について

MDSimulator12(MDS12)は、弾道ミサイル又は巡航ミサイル（以下「標的ミサイル」と総称します）と迎撃ミサイル、迎撃用のレーダーを様々な条件を指定して配置し、ミサイル防衛の有効性を簡単なモデルに基づいてシミュレートするためのプログラムです。

MDS12 は次の特徴を備えています。

- ・ 3D モデルを用いて 3 次元空間における直感的なシミュレーションを行います。
- ・ 0.1 ミリ秒単位で物理演算を行うことにより、直撃レベルの精度が要求される迎撃ミサイルの挙動をシミュレートできます。
- ・ ミサイルとレーダーの配置は 3D 画面で直感的に行うことができます。
- ・ リプレイ機能を備えています。シミュレーションの結果をリプレイファイルとして出力し、後で再生することができます。
- ・ シミュレーション及びリプレイ時における標的ミサイルの位置、高度、速度、加速度等の変化を CSV ファイルとして出力することができます。
- ・ タイムスキップ機能により、実時間の最大 20 倍速でシミュレーション及びリプレイを実行することができます。
- ・ シミュレーションの各種条件を設定ファイルとして出力することができます。設定ファイルを読み込むことで、再度同じ条件でシミュレーションを行えます。
- ・ 弾道ミサイルについて、ブースト段階における重力損失や再突入時の空気抵抗、遠心力やコリオリ力等を考慮しています。
- ・ 迎撃ミサイルについて、ブースト段階における重力損失やブースト段階終了後の空気抵抗を考慮しています。
- ・ 迎撃ミサイルについて、シーカーによる目標検出の精度と、目標を検出してからミサイルが応答するまでの遅延時間を指定することができます。

2 MDSimulator12 の動作環境

MDS12 の動作環境は次のとおりです。

- ・ .NET Framework 2.0 がインストールされた Windows PC(Windows7 Professional 64bit 及び Windows10 Professional 64bit で動作確認済み)
- ・ 1366×768 又は 1280×800 以上の解像度

MDS12 は Visual Basic 2010 及び DX ライブラリを利用して作成されており、動作には添付されている .NET 版 DX ライブラリの DLL ファイルが必要となります。同梱の DLL ファイルと異なるバージョンの DX ライブラリではエラーが出て実行できない場合があるので、必ず同梱の DLL ファイルを使用してください。

3 MDSimulator12 のインストール及びアンインストール

MDS12 は次のファイル及びフォルダから構成されています。

- ・ MDSimulator12.exe : MDS12 の本体プログラムファイル
- ・ DxLib.dll, DxLibDotNet.dll : DX ライブラリの DLL ファイル
- ・ data フォルダ : 地球のモデルデータ及びテクスチャデータの格納フォルダ
- ・ earthmodel.mv1, earthtexture.jpg : 地球のモデルデータ及びテクスチャデータ(data フォルダ以外の場所に移動しないでください。)
- ・ ReadmeMDS12.pdf : 本ドキュメントファイル

インストールする場合、これらのファイル及びフォルダを同一のフォルダに展開してください。

ReadmeMDS12.pdf 以外のファイルは MDS12 の動作に必要なため、それらのファイルやフォルダが欠けた場合はプログラムが正常に動作しません。

アンインストール時には展開したフォルダごと上記のすべてのファイルを削除します。

4 MDSimulator12 のシミュレーションモデル

ここでは MDS12 におけるシミュレーションモデルについての概略を説明します。

4-1 迎撃ミサイル

まず、迎撃ミサイルのタイプや飛翔パターン、誘導や管制モード等のシミュレーションモデルについて説明します。

4-1-1 迎撃ミサイルのタイプ

MDS12 における迎撃ミサイルは、その挙動に応じて 3 つのタイプ(SM-3 タイプ、THAAD タイプ、PAC-3 タイプ)に分類されます。以下に、それぞれのタイプの特性について説明します。

1. SM-3 タイプ

大気圏外での迎撃に使われるタイプです。ブースターにより加速上昇して大気圏外に達した後、飛行の最終段階でキネティック弾頭を放出し、搭載されたシーカーが目標を捕捉して飛行コースを修正し直撃します。シーカーに赤外線シーカーを用いているため、空力加熱の影響を受ける低高度では使用できません。MDS12 において該当するミサイルは次のとおりです。

- ・ SM-3 Block1A
- ・ SM-3 Block2A
- ・ GBI

- ・カスタム(SM-3 タイプ)

2. THAAD タイプ

落下してくる弾道ミサイルを再突入直前から再突入後の大気圏上層部にかけての領域で迎撃するためのミサイルです。SM-3 タイプと異なり、キネティック弾頭は放出せず弾体がそのまま目標に直撃します。赤外線シーカーを用いるため、低高度で使用できない点は SM-3 タイプと同じです。MDS12 においては次のミサイルが該当します。

- ・ THAAD
- ・ カスタム(THAAD タイプ)

3. PAC-3 タイプ

落下してくる弾道ミサイルを再突入後の大気圏下層部で迎撃するためのミサイルです。THAAD タイプと似ていますが、シーカーにアクティブ・レーダーを用いるため、高度の制約を受けることなく使用することができます。MDS12 においては次のミサイルが該当します。

- ・ PAC-3
- ・ カスタム(PAC-3 タイプ)

4-1-2 迎撃ミサイルの飛翔について

ここでは迎撃ミサイルの飛翔パターンについて説明します。

発射された迎撃ミサイルは、まず最初にブースターを一定時間燃焼して加速し、それを過ぎると慣性飛行に入ります。ブースター燃焼中の迎撃ミサイルは重力の影響のみを受け、空気抵抗を無視して加速しますが、慣性飛行に移行すると重力に加えて空気抵抗の影響を受けるようになり、上昇して位置エネルギーが増大したり大気圏内での飛行により空気抵抗を受けたりすることで運動エネルギーを失って減速していきます。ブースター燃焼中の重力損失のため、ブースターが燃焼を終了した瞬間(バーンアウト点)における速度(バーンアウト速度)は、ブースター自身の加速度とブースターの燃焼時間を乗じた速度※よりも小さくなります。

また、慣性飛行に移行するとブースター燃焼時から機動性が変化します。SM-3 タイプの迎撃ミサイルは最終段階でキネティック弾頭となり、さらに機動性が変化します。ただし、上昇を除く迎撃ミサイルの機動によって運動エネルギーが失われることはないものとします。

※この速度は、重力損失がない場合のバーンアウト速度を意味します。以後、この速度のことを理想バーンアウト速度と呼びます。

4-1-3 迎撃ミサイルの誘導について

ここでは迎撃ミサイルの誘導について説明します。

発射された迎撃ミサイルは、無誘導フェイズ→中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズ→中間誘導(COLOS)フェイズ→終末誘導フェイズの段階を経て目標に命中します。それぞれのフェイズの概略は次のとおりです。

1. 無誘導フェイズ

発射された迎撃ミサイルは、地上のレーダーとの間でデータリンクを確立し、発射時の方向に向けて直進します。この期間を無誘導フェイズといい、一定時間が経過すると中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズに移行します。

2. 中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズ

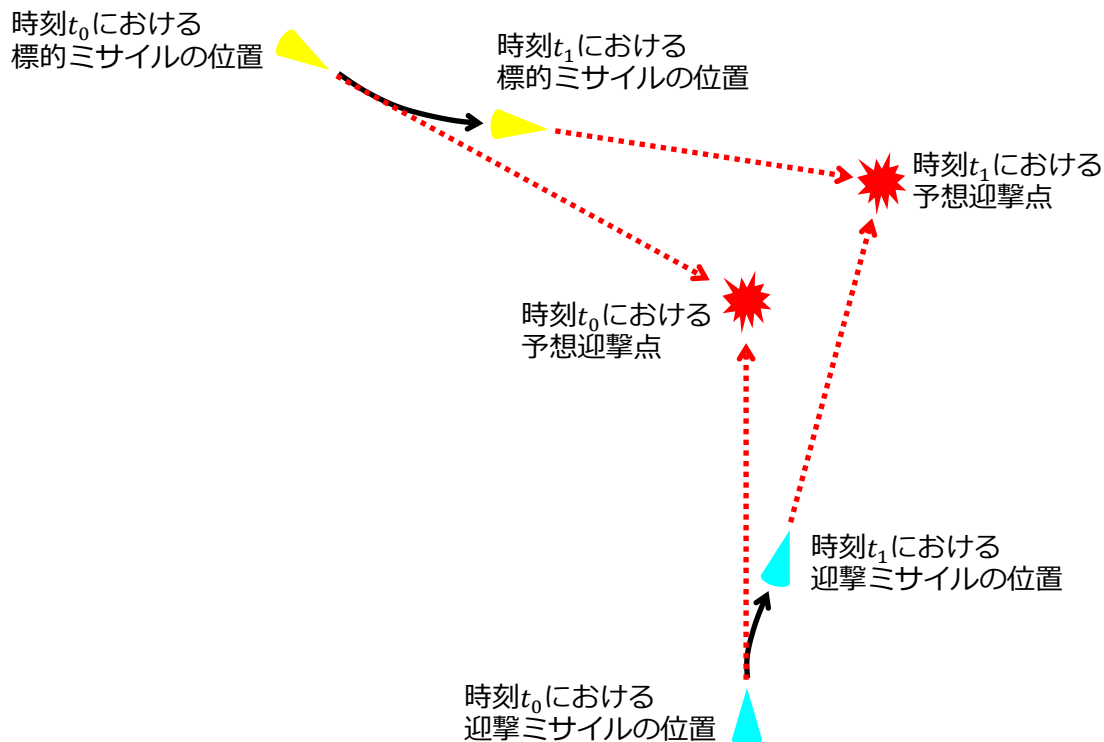
無誘導フェイズが終了すると、地上のコンピュータが標的ミサイルと迎撃ミサイルの位置、針路、速度から大まかな予想迎撃点を算出し※、予想迎撃点に向けて飛行するよう迎撃ミサイルに対して指令を出します。この状態を中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズといい、次の中間誘導(COLOS)フェイズで誘導が正常に行われるよう迎撃ミサイルの飛行を安定させる役割を持ちます。このフェイズは基本的にはブースターが燃焼している間続き、その後中間誘導(COLOS)フェイズに移行します。このフェイズの間に迎撃ミサイルのデータリンクが切断されたり、レーダーが目標を見失ったりすると迎撃ミサイルの誘導ができなくなり、データリンクが再確立するまで又はレーダーが目標を再捕捉して予想迎撃点が再計算されるまで(4-1-5 迎撃ミサイルの発射可能条件(P10)参照)の間、迎撃ミサイルはそれまでの針路を維持して直進します。

なお、レーダーが迎撃ミサイルを中間誘導できる範囲は、MDS12 においては便宜上レーダーの探知範囲内と同一とみなされます。レーダーが目標の探知や迎撃ミサイルの誘導を行うことができる範囲内をレーダー有効圏と呼称します。

上記の例外として、PAC-3 タイプの迎撃ミサイルは中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズにおいて一度ミサイルの針路が予想迎撃点の方向と一致し、かつシーカーが目標を捕捉した場合にはブースター燃焼中であっても直ちに終末誘導フェイズに移行します。

※ある時刻における予想迎撃点は、標的ミサイルがその瞬間における針路と速度を維持して等速直線運動を行い、迎撃ミサイルも同時刻における速度を維持して等速直線運動を行うと仮定した場合に、両者が交差しうる位置を示します。予想迎撃点は 0.1 秒毎に再計算されるのに加え、標的ミサイルと迎撃ミサイルの位置、針路、速度は常に変化するため、予想迎撃点も時間の経過とともに移動します。

ただし、予想迎撃点の計算には、迎撃ミサイル発射前及びブースター燃焼時には迎撃ミサイルの速度として実際の速度ではなく理想バーンアウト速度が、ブースター燃焼終了後は迎撃ミサイルの実速度が用いられます。通常、迎撃ミサイルの実速度は理想バーンアウト速度よりも小さくなるため、ブースターの燃焼終了に伴って予想迎撃点の位置が大きく変動する場合があります。



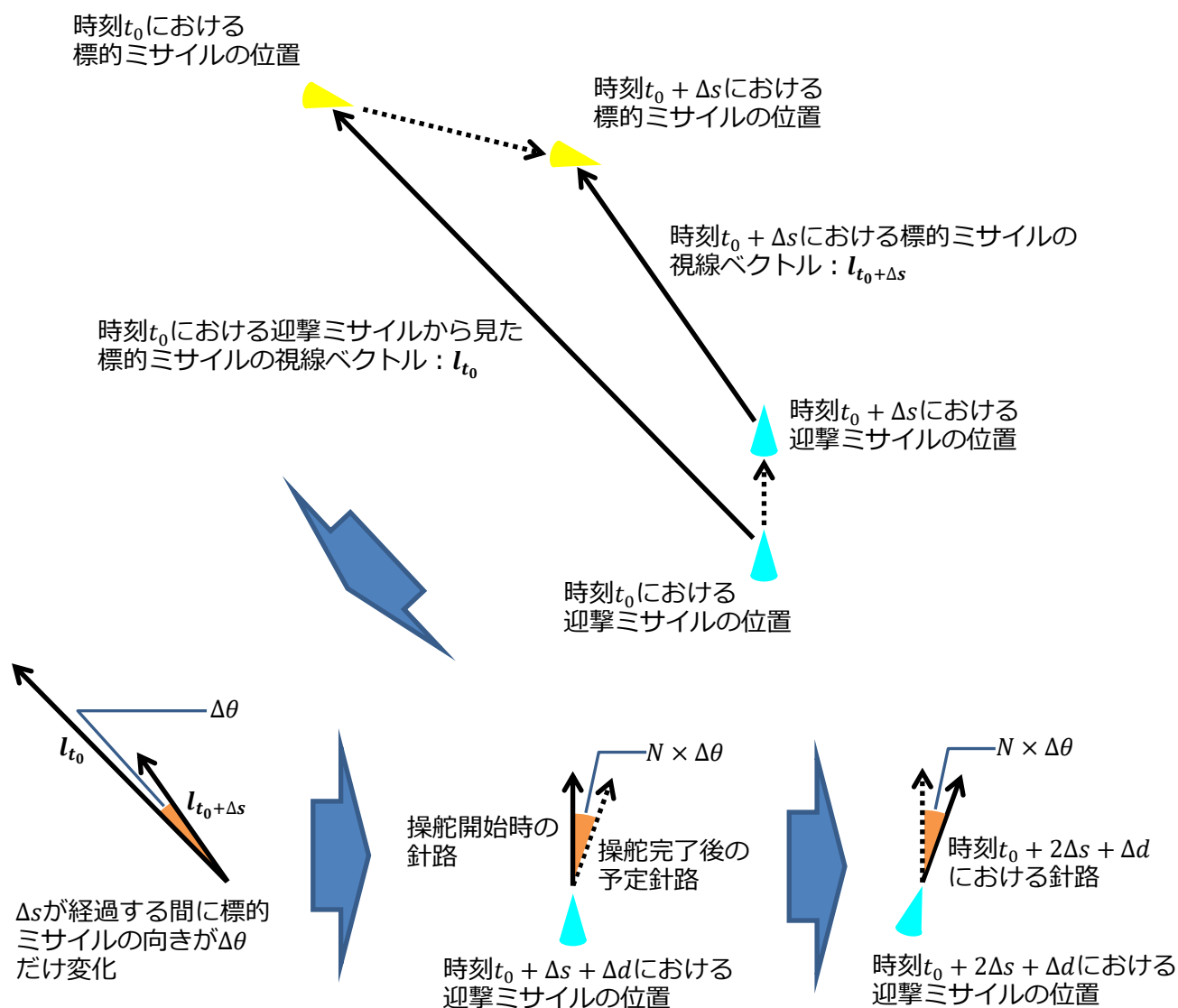
3. 中間誘導(COLOS)フェイズ

中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズ終了後、迎撃ミサイルは地上からの指令により比例航法※で飛行し、シーカーが目標を捕捉できる位置まで誘導されます。このフェイズはシーカーが目標を捕捉するまで続き、目標捕捉後は終末誘導フェイズに移行します。ただし、SM-3 タイプ及び THAAD タイプの迎撃ミサイルの場合、シーカーの探知範囲に目標が入っていても、迎撃ミサイルの高度がシーカーの動作下限高度を超えていなければ終末誘導フェイズには移行しません。中間誘導(COLOS)フェイズの誘導精度は迎撃ミサイルを目標に直撃させられるほど高くはないので、終末誘導フェイズに移行できなければミサイルの命中は期待できません。

※迎撃ミサイルから見た目標の向きが一定時間の間にどれだけ変化するか(角速度)を検出し、その大きさに比例して迎撃ミサイルの針路を変更するように操舵する航法です。目標の方位情報だけを基にして目標の未来位置にミサイルを誘導できますが、迎撃ミサイルと目標の位置関係や速度によっては適切な経路をとれない場合があるため、MDS12 では比例航法に移行する前に中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズを利用して迎撃ミサイルの飛行を安定させています。

MDS12 においては、迎撃ミサイルは一定時間(Δs)おきに目標の角速度($\Delta\theta$)を検出した後、そこから一定の制御遅延時間(Δd)をおいてミサイルの操舵を開始し、更に一定時間(Δs)後、ミサイルの針路が操舵前から目標の角速度の一定倍($N \times \Delta\theta$ 、 N は航法定数と呼ばれる定数)の角度だけ変化して操舵が完了します。この間に再度角速度検出が行われており、操舵完了後直ちに目標の最新の角速度に基づいて次の操舵を開始します。角速度の検出間隔 Δs と制御遅延時間 Δd 、航法定数 N は決められた範囲内の値を任意に設定できますが、値によっては激しい機動を行う目標や迎撃ミサイルよりも高速な目標に対する命中率が低下する場合があります。また、検出した角速度に基づく迎撃ミサイルの操舵量がミサイル自身の

旋回能力を超える場合、実際の操舵量はミサイルの旋回能力の範囲内に制限されます。



4. 終末誘導フェイズ

終末誘導フェイズでは、迎撃ミサイルのシーカーが目標の角速度を検出し、中間誘導(COLOS)フェイズと同じく比例航法によりコースを修正して目標に命中します。この状態ではシーカーが目標を直接捕捉するため、中間誘導(COLOS)フェイズと異なり目標を直撃可能な精度が得られるのに加え、ミサイル自身が自律的に目標を追尾するため、地上からの誘導が不要になります。比例航法における角速度の検出間隔及び制御遅延時間は中間誘導(COLOS)フェイズと同じ値が使われます。

ただし、終末誘導フェイズに移行後、目標がシーカーの探知可能範囲の外に出てしまうと、シーカーは目標をロストするため迎撃ミサイルの誘導ができなくなり、ミサイルは自由落下状態となり弾道飛行で落下します。一度この状態になった場合、再度目標がシーカーの探知可能範囲内に入っても再捕捉はできません。

4-1-4 迎撃ミサイルの管制モード

目標の探知及び発射された迎撃ミサイルの中間誘導を行うレーダーには、自己レーダーと外部レーダーの 2 種類があります。自己レーダーは迎撃ミサイルの発射プラットフォーム自体が備えるレーダーで、迎撃ミサイルの配置地点から 10m 離れた場所に自動的に配置されるのに対し、外部レーダーはあらかじめ指定された位置に配置されるレーダーで、自己レーダーよりも前方あるいは高高度に配置することで早期に目標を探知し迎撃可能範囲を広げることができます。

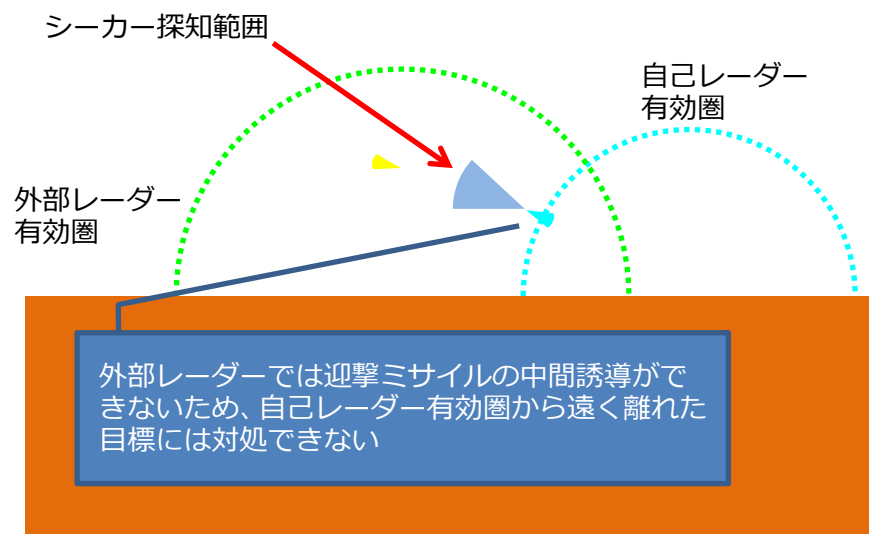
MDS12 における迎撃ミサイルの管制モードは、目標の探知と発射された迎撃ミサイルの誘導をこれらのうちのどのレーダーが担当するかを指定するもので、直接管制、LOR(ローンチオンリモート)、EOR(エンゲージオンリモート)の 3 種類があります。

1. 直接管制

目標の探知及び迎撃ミサイルの誘導を自己レーダーのみで行うモードです。目標が自己レーダーの有効圏に入るまで迎撃ミサイルを発射することができないため、目標の速度によっては迎撃が間に合わないことがあります。

2. LOR(ローンチオンリモート)

目標の探知を自己レーダー及び外部レーダーで行い、迎撃ミサイルの誘導を自己レーダーのみで行うモードです。前進配置された外部レーダーにより自己レーダーが目標を探知する前に迎撃ミサイルを発射できるので、直接管制と比較して迎撃可能範囲が広がります。ただし、外部レーダーでは迎撃ミサイルの誘導はできないため、終末誘導フ

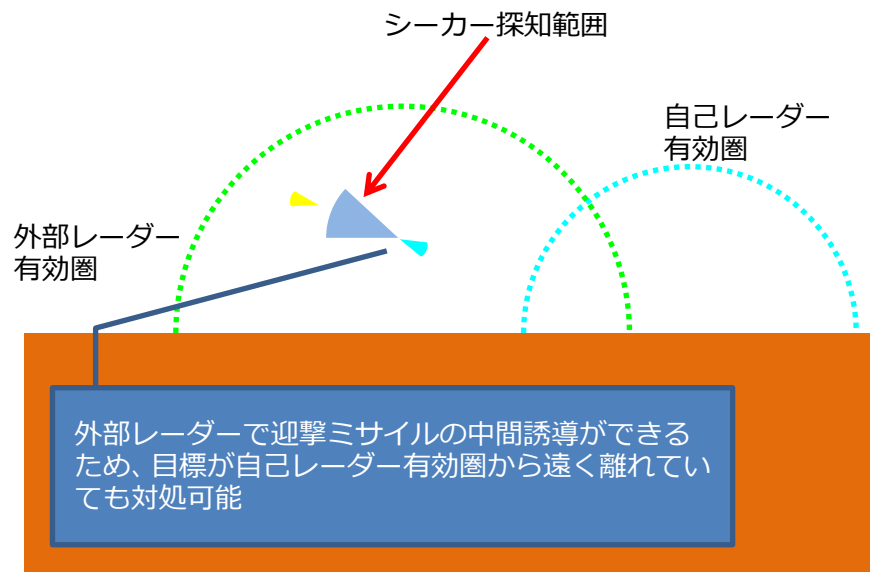


ェイズに移行する前に迎撃ミサイルが自己レーダーの有効圏の外に出てしまうとミサイルの中間誘導ができなくなり、終末誘導フェイズへの移行ができず迎撃に失敗します。そのため、自己レーダーの有効圏から遠く離れている目標には対処できず、迎撃ミサイルの射程を完全に活かすことはできません。

また、このモードにおいては、地上からの指令で迎撃ミサイルに比例航法をとらせることができるのは自己レーダーが目標を捕捉している時のみです。そのため、迎撃ミサイルのブースターの燃焼完了後も、自己レーダーが目標を探知していなければ中間誘導(予想迎撃点指向)フェイズが継続します。

3. EOR(エンゲージオンリモート)

目標の探知に加えて、迎撃ミサイルの誘導まで外部レーダーで行うことができるモードです。LORにおける、迎撃ミサイルの中間誘導は自己レーダーでしか行えないという制約がなくなるため、LORよりも迎撃可能範囲がさらに広くなり、長射程の迎撃ミサイルの性能を十分に発揮させることができます。



4-1-5 迎撃ミサイルの発射可能条件

迎撃ミサイルが発射可能となる条件は以下のとおりです。

1. 目標がレーダーで探知されていること

迎撃ミサイルの発射には、まずレーダーが目標を捕捉していることが必要です。目標が遠すぎてレーダーの探知距離を超えたり、レーダーから見て水平線の下に隠れていたりする[※]場合、レーダーで目標を探知することができないため迎撃ミサイルは発射できません。

※目標が水平線上にあるかどうかの判定は、地球が真球であると仮定して行います。MDS12の地球モデルは真球ではないため、水平線下にあると判定される目標でも表示上は水平線すれすれに見えることがあります。

2. 目標を探知後、レーダーで捕捉した状態が一定時間継続すること

迎撃ミサイルを発射するには、目標の位置・針路・速度から迎撃諸元を計算し弾道を予測する必要があります。この諸元計算には、目標をレーダーで探知した後一定時間目標をレーダーで捉え続ける必要があります。MDS12では、この時間を諸元計算所要時間と称し、あらかじめ一定の値を指定する仕様となっています。

目標探知後に諸元計算所要時間の間目標を捕捉し続けると、諸元計算が完了しミサイルが発射可能となります。ミサイル発射前にレーダーが目標をロストした場合、再度レーダーが目標を探知して諸元計算所要時間が経過し諸元計算が完了しなければ迎撃ミサイルは発射できません。

3. 予想迎撃点が表示されること

目標と迎撃ミサイルの位置や速度、針路によっては、諸元計算が完了しても予想迎撃点が表示されない場合があります。この場合は物理的に迎撃自体が不可能であると判断された状態※であり、迎撃ミサイルは発射できません。

予想迎撃点が表示された場合は物理的に迎撃が不可能ではないと判断されており、この状態でスペースキーを押すと迎撃ミサイルが発射されます。なお、発射モード(P15 参照)が「オート」に設定されていた場合、予想迎撃点が表示された時点で自動的に迎撃ミサイルが発射されます。

※MDS12 における予想迎撃点は、あくまである時点における目標と迎撃ミサイルの位置・針路・速度から、両者が等速直線運動をすると仮定した場合に命中すると予測される空間上の一点を指し、それよりも後のミサイルの針路や速度の変化は考慮していません。そのため、ある時刻において予想迎撃点が表示されたとしても、実際には迎撃ミサイルがそこまで到達できず迎撃に失敗することがあります。

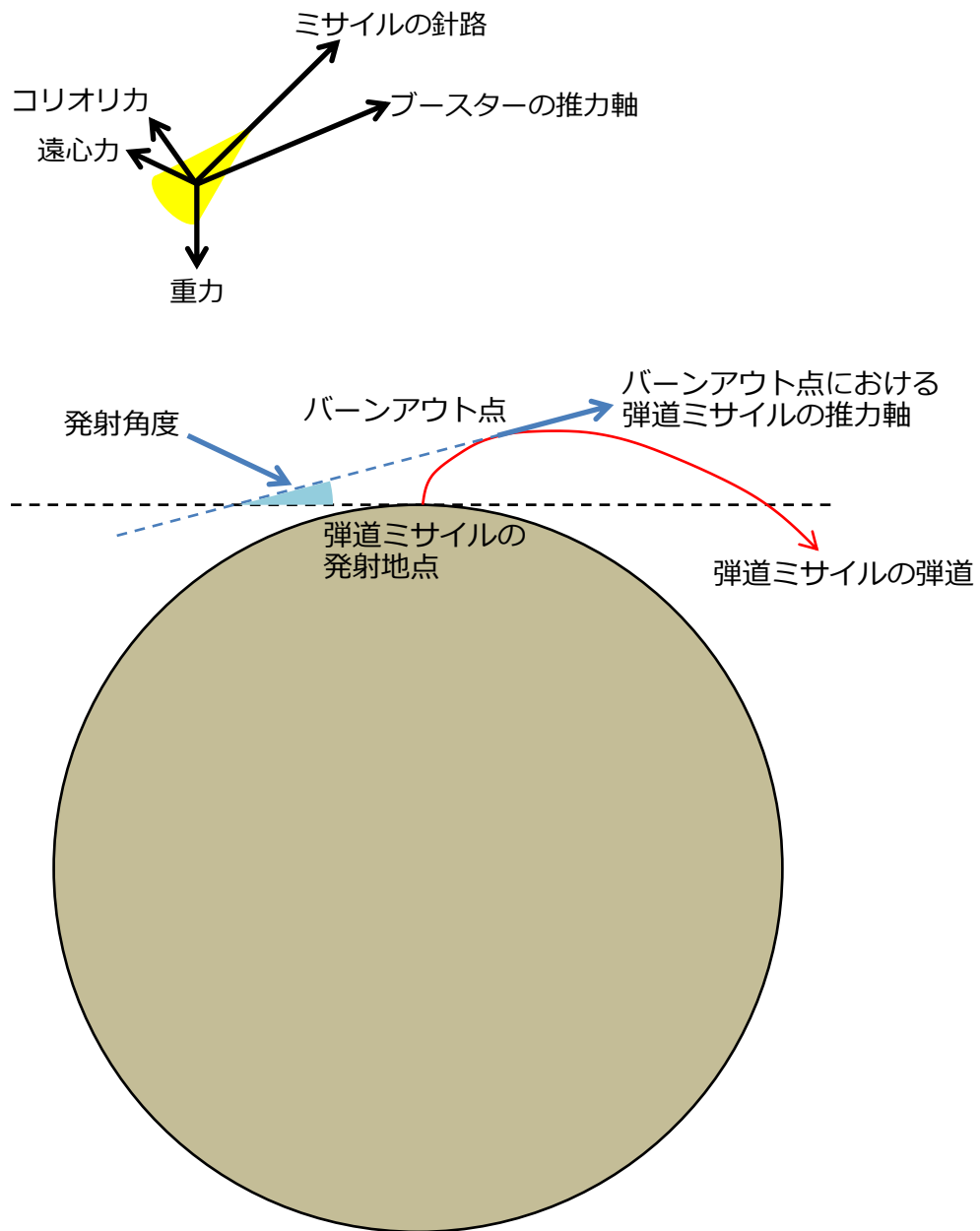
4-2 弾道ミサイル

ここでは、標的ミサイルのうち弾道ミサイルのシミュレーションモデルについて簡単に説明します。

MDS12 における弾道ミサイルは、地面に対して垂直方向に発射され、ブースターを噴射して加速します。このとき、ミサイルは発射と同時に一定の角速度でブースターが発生する推力の向きを一定方向に向けて傾けていき、ブースターの燃焼終了と同時にこのマヌーバは停止します。ただし、ブースターにより上昇中の弾道ミサイルには、ブースターによる推力の他に重力、地球の自転による遠心力とコリオリ力が作用することに加え、ブースターの推力軸の回転速度に針路の変化速度が追いつかないことがあるため、ブースター燃焼中の針路はブースターの推力の向きとは一致しません。

なお、ブースターの燃焼が終了した地点（バーンアウト点）における推力軸の向きが、発射地点における水平面となす角度を、ブーストフェイズ(P17 参照)における弾道ミサイルの発射角度と称します。発射角度はシミュレーション開始時の初期パラメータとして与えられます。

ブースターの燃焼終了後は、弾道ミサイルは基本的には慣性飛行となり、重力、コリオリ力、遠心力及び空気抵抗(高度 100 キロ以下の領域のみ)を受けて運動します。ただし、弾道ミサイルのパラメータを設定することにより、ブースター燃焼終了後の弾道ミサイルに旋回や加減速等の軌道変更能力を持たせることができます(P47 参照)。



4-3 巡航ミサイル

MDS12 では、巡航ミサイルの飛行を簡易的に再現し、迎撃ミサイルによる巡航ミサイル迎撃をシミュレートすることができます。MDS12 における巡航ミサイルは弾道ミサイルと異なり、一定の高度と速度を保ちながらシミュレーション開始時に指定された方向に水平飛行し続けます。重力、コリオリ力、遠心力、空気抵抗等の外力は全て無視され、途中で針路や速度を変更することもできません。

5 MDSimulator12 の使い方

5-1 初期設定画面

MDSimulator12.exe を実行すると、次のような初期設定画面が表示されます。初期設定画面ではシミュレーションに必要な各種項目を設定します。設定値は数値ボックスで直接指定するほか、ミサイル、レーダーの配置については 3D 表示のミニマップをクリックすることで行うこともできます。

5-1-1 迎撃ミサイルの設定

初期設定画面左側上部では迎撃ミサイルに関する項目の設定を行います。迎撃ミサイルの種類によっては数値が固定又は無効となる項目があり、その場合対応する数値ボックスはグレーアウト表示され変更できません。

以下に各設定項目について説明します。

項目	内容
ミサイル選択	迎撃ミサイルを選択します。迎撃ミサイルの種類ごとに各種の設定値はあらかじめ決められています。設定値を細かく設定したい場合には「カスタム」を選択してください。
タイプ	選択した迎撃ミサイルのタイプ(P4 参照)が表示されます。
配置緯度/配置経度	迎撃ミサイルを配置する緯度と経度を分単位で指定します。迎撃ミサイルは指定された地点の標高 0m の場所に配置されます。
ミサイルの直径(cm)	発射時の迎撃ミサイルの直径を cm 単位で指定します。直径が大きいほど空気抵抗による速度のロスが大きくなります。
ミサイルの質量(kg)	発射時の迎撃ミサイルの質量を kg 単位で指定します。質量が小さいほど空気抵抗による速度のロスが大きくなります。
ミサイルの抗力係数	迎撃ミサイルが受ける空気抵抗の度合いの大きさを指定します。大きくなるほど空気抵抗の影響を強く受け、0 にすると空気抵抗が無視されます。
ブースターの加速度 (G)	迎撃ミサイル発射後、ブースターが発生させる加速度の大きさを G 単位で指定します。(1G = 9.80665m/s ²) ただし、ブースターにより上昇中の迎撃ミサイルには重力が作用するため、実際の加速度は重力による損失分小さくなります。
ブースター燃焼時間 (秒)	迎撃ミサイルのブースターの燃焼時間を秒単位で指定します。発射からここで指定した時間が経過すると、迎撃ミサイルは慣性飛行に移行します。
無誘導フェイズ(秒)	無誘導フェイズ(P6 参照)の長さを秒単位で指定します。
加速中の最大旋回 G	ブースター燃焼中の迎撃ミサイルの旋回能力を G 単位で指定します。数値が大きいほど急旋回が可能です。
慣性飛行中の最大旋回 G	慣性飛行中の迎撃ミサイルの旋回能力を G 単位で指定します。数値が大きいほど急旋回が可能です。
キネティック弾頭の最大旋回 G	SM-3 タイプの迎撃ミサイルのキネティック弾頭について、旋回能力を G 単位で指定します。数値が大きいほど急旋回が可能です。 この数値は SM-3 タイプ以外の迎撃ミサイルには適用されません。
シーカーの探知可能距離(km)	迎撃ミサイルのシーカーが目標を探知できる距離を km 単位で指定します。シーカーで目標を捕捉後、目標との距離がこの値以上に離れると、迎撃ミサイルは目標を見失って自由落下してしまい、以後目標の再捕捉はできません。
シーカーの視野(度)	迎撃ミサイルのシーカーの視野の広さを度単位で指定します。90 度で側方まで、180 度で後方まで探知します。シーカーで目標を捕捉後、目標が一度視野から外れると、迎撃ミサイルは目標を見失って自由落下してしまい、以後目標の再捕捉はできません。

項目	内容
赤外線シーカーの動作可能高度(km)	SM-3 タイプ及び THAAD タイプの迎撃ミサイルについて、シーカーが機能する下限高度を指定します。PAC-3 タイプには適用されません。
発射方位(度)	迎撃ミサイルが発射される方位を度単位で指定します。0 度が真北で、そこから時計回りに 90 度が東、180 度が南、270 度が西となります。
発射角度(度)	迎撃ミサイルが鉛直方向に発射される角度を度単位で指定します。0 度が水平、90 度が鉛直上向きとなります。
航法定数	慣性飛行に移行した迎撃ミサイルは、比例航法(P7 参照)により目標の未来位置へ先回りするように飛行します。航法定数は操舵量の大きさを目標の角速度に対する倍数で指定します。値が大きいほど、迎撃ミサイルは飛行の初期段階で目標の前方に回り込むように飛行するため命中率が上がります。ただし、実際の操舵量は迎撃ミサイルの旋回能力の範囲内で制約を受けます。
比例航法時の制御遅延(ミリ秒)	比例航法時の迎撃ミサイルにおいて、目標の角速度を検出してからそれに対応して操舵を開始するまでの時間をミリ秒単位で指定します。この値が大きいほど目標の動きに対する応答が遅れるため、激しい機動を行う目標に対する命中率は下がります。また、「比例航法時の目標検出間隔(ミリ秒)」の設定値に比べて極端に大きな値を設定した場合、シミュレーション時のパフォーマンスが低下する場合があります。
比例航法時の目標検出間隔(ミリ秒)	比例航法時の迎撃ミサイルにおいて、目標の角速度を検出する間隔をミリ秒単位で指定します。この値が大きいほど目標の角速度の検出精度が低下するため、激しい機動を行う目標に対する命中率は下がります。また、小さい値を設定した場合、シミュレーション時のパフォーマンスが低下する場合があります。
発射モード	迎撃ミサイルを自動で発射するかどうかを指定します。 1. マニュアル 迎撃ミサイルが発射可能な条件※を満たした時にスペースキーを押すとミサイルが発射されます。 2. オート 迎撃ミサイルが発射可能な条件(P10 参照)を満たすと自動的にミサイルが発射されます。

5-1-2 レーダーの設定

初期設定画面左側下部では迎撃側のレーダーに関する設定を行います。レーダーには迎撃ミサイルの配置地点に配置される自己レーダーと、そこから離れて設置される外部レーダーがあります。外部レーダ

ーは「迎撃ミサイルの管制モード」で「LOR(ローンチオンリモート)」又は「EOR(エンゲージオンリモート)」選択時に指定した位置に配置されますが、自己レーダーは迎撃ミサイルの配置地点から 10m 離れた標高 0m の地点に自動的に配置されます。設定値によっては無効となる項目があり、その場合対応する数値ボックスはグレースアウト表示され変更できません。

以下に各設定項目について説明します。

項目	内容
迎撃ミサイルの管制モード	迎撃ミサイルの管制モード(P9 参照)を「直接管制」、「LOR(ローンチオンリモート)」、「EOR(エンゲージオンリモート)」の 3 つから選択します。
外部レーダーの配置緯度/外部レーダーの配置経度	外部レーダーを配置する地点の緯度と経度を分単位で指定します。「迎撃ミサイルの管制モード」に「直接管制」を選んだ場合は適用されません。
外部レーダーの標高(km)	外部レーダーを配置する高度を km 単位で指定します。「迎撃ミサイルの管制モード」に「直接管制」を選んだ場合は適用されません。
外部レーダーの探知距離(km)	外部レーダーの探知距離を km 単位で指定します。「迎撃ミサイルの管制モード」に「直接管制」を選んだ場合は適用されません。
諸元計算所要時間(秒)	諸元計算所要時間(P10 参照)を秒単位で指定します。目標探知後、迎撃ミサイルを発射する前にレーダーが目標を見失った場合、目標を再捕捉してから諸元計算所要時間が経過するまで迎撃ミサイルは発射可能になりません。

5-1-3 標的ミサイルの設定

初期設定画面中央は標的ミサイルの数値ボックスの設定を行います。設定値によっては無効となる項目があり、その場合対応する数値ボックスはグレースアウト表示され変更できません。

以下に各設定項目について説明します。

項目	内容
ミサイル選択	標的ミサイルを選択します。標的ミサイルの種類ごとに各種の設定値はあらかじめ決められています。設定値を細かく設定したい場合には「カスタム」を選択してください。
配置緯度/配置経度	標的ミサイルを配置する緯度と経度を分単位で指定します。飛翔フェイズ(後述)が「ブーストフェイズ」の場合ミサイルは指定された地点の標高 0m の場所に、「ミッドコースフェイズ/ターミナルフェイズ」の場合は指定された地点の直上、「配置高度(km)」で指定された高度の場所に配置されます。
配置高度(km)	飛翔フェイズ(P18 参照)が「ミッドコースフェイズ/ターミナルフェイズ」の場合に、標的ミサイルを配置する高度を指定します。

項目	内容
初期速度(m/s)	「ミッドコースフェイズ/ターミナルフェイズ」の飛翔フェイズ(P18 参照)において、シミュレーション開始時に標的ミサイルが与えられている速度を m/s 単位で指定します。
ミサイルの直径(cm)	ミサイルの弾頭部の直径を cm 単位で指定します。直径が大きいほど空気抵抗による減速が大きくなります。
ミサイルの質量(kg)	ミサイルの弾頭部の質量を kg 単位で指定します。質量が小さいほど空気抵抗による減速が大きくなります。
ミサイルの抗力係数	弾頭部が受ける空気抵抗の度合いの大きさを指定します。大きくなるほど空気抵抗の影響を強く受け、0 にすると空気抵抗が無視されます。
ブースターの加速度(G)	飛翔フェイズが「ブーストフェイズ」の場合に、弾道ミサイルのブースターが発生させる加速度の大きさを G 単位で指定します。ただし、弾道ミサイルは重力や地球の自転による遠心力、コリオリ力等の影響を受けるため、実際の加速度はここで指定した値よりも小さくなります。
ブースター燃焼時間(秒)	飛翔フェイズが「ブーストフェイズ」の場合に、弾道ミサイルのブースターが燃焼する時間を秒単位で指定します。弾道ミサイル発射からここで指定した時間が経過すると、弾道ミサイルは慣性飛行に入ります。
サイドスラスタースタート加速度(G)	慣性飛行段階の弾道ミサイルの旋回能力を G 単位で指定します。この値を 0 より大きく設定した場合、弾道ミサイルはカーソルキーにより針路を変更することができるようになります。ただし、ブースター燃焼中及び巡航ミサイルモード有効時は針路変更はできません。
弾頭の加速度(G)/弾頭の減速度(G)	慣性飛行段階の弾道ミサイルの加減速性能を G 単位で指定します。これらの値を 0 より大きく設定した場合、弾道ミサイルはキーボードの「B」キーで加速、「N」キーで減速することができます。ただし、ブースター燃焼中及び巡航ミサイルモード有効時は加減速はできません。
発射方位(度)	標的ミサイルが発射される方位を度単位で指定します。0 度が真北で、そこから時計回りに 90 度が東、180 度が南、270 度が西となります。
発射角度(度)	標的ミサイルが発射される垂直方向の角度を度単位で指定します。飛翔フェイズ(P18 参照)が「ブーストフェイズ」か「ミッドコースフェイズ/ターミナルフェイズ」かで設定内容が変わります。 なお、巡航ミサイルモード有効時にはこの値は無視されます。 1. ブーストフェイズ ブーストフェイズにおける発射角度(P11 参照)を度単位で指定します。

項目	内容
	<p>2. ミッドコースフェイズ/ターミナルフェイズ</p> <p>シミュレーション開始時刻における標的ミサイルの進行方向を、水平面に対する仰角の大きさで指定します。0 度は水平方向、90 度は鉛直上向き、-90 度は鉛直下向きを表します。巡航ミサイルモード有効時にはこの値は無視されます。</p>
飛翔フェイズ	<p>標的ミサイルの飛翔フェイズを「ブーストフェイズ」、「ミッドコースフェイズ」、「ターミナルフェイズ」の中から選択します。</p> <p>1. ブーストフェイズ</p> <p>標的ミサイルが地表に静止している状態でシミュレーションが開始されます。標的ミサイルは鉛直上向きに発射され、ブースターにより加速した後慣性飛行に入ります。巡航ミサイルモード有効時には選択できません。</p> <p>2. ミッドコースフェイズ</p> <p>標的ミサイルが指定した地点・高度・速度・針路で飛行している状態でシミュレーションが開始されます。巡航ミサイルモードを有効にすると、初期値としてミッドコースフェイズが選択されます。</p> <p>3. ターミナルフェイズ</p> <p>基本的にはミッドコースフェイズと同じですが、飛行の最終段階で既にレーダーが標的ミサイルを捕捉し諸元計算が完了している想定のため、シミュレーション開始時にレーダーが標的ミサイルを感知している場合には「諸元計算所要時間(秒)」の設定値に関係なく即座に迎撃ミサイルを発射できます。ただし、迎撃ミサイル発射前にレーダーが目標をロストした場合及びシミュレーション開始時にレーダーが目標を感知していない場合は、目標を再感知後「諸元計算所要時間(秒)」で指定した時間の間目標の捕捉を継続する必要があります。</p>
巡航ミサイルモード	<p>このチェックボックスを ON にすると巡航ミサイルモードが有効になり、標的ミサイルは地球の重力や空気抵抗、自転の影響を受けなくなり、シミュレーション開始時の高度と速度を保ち一定方向に水平飛行し続ける巡航ミサイルとしてふるまいます。巡航ミサイルモードを有効にするとミサイルのタイプは強制的にカスタムタイプとなり、飛翔フェイズは初期値としてミッドコースフェイズが選択されます。</p>

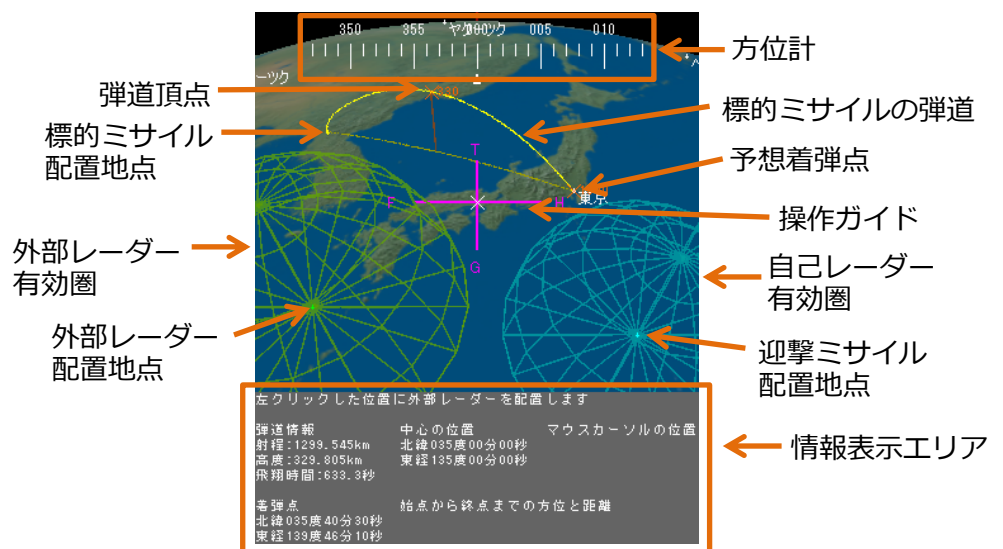
5-1-4 その他の設定

ここでは、シミュレーション全般に関する設定項目について説明します。

項目	内容
弾道ミサイルと迎撃ミサイルの空気抵抗を考慮する	このチェックボックスを ON にすると、慣性飛行中の弾道ミサイルと迎撃ミサイルは高度 100 キロ以下の領域において空気抵抗を受けるようになります。ブースター燃焼中のミサイル及び巡航ミサイルモード有効時の標的ミサイルは空気抵抗の影響を受けません。
弾道ミサイルに対する地球の自転の影響を考慮する	このチェックボックスを ON にすると、弾道ミサイルは地球の自転により生じる遠心力とコリオリ力の 2 つの力の影響を受けるようになります。空気抵抗と異なりこれらの力はミサイルの飛行中常に作用しますが、迎撃ミサイル及び巡航ミサイルモード有効時の標的ミサイルは影響を受けません。
リプレイ時に航跡の長さを自動調整する	このチェックボックスを ON にすると、リプレイ時にシミュレーションの開始から終了までの間全てのミサイルの航跡を描画します。シミュレーション時及びチェックボックス OFF 時には後述の「航跡の長さ(秒)」の設定値が適用されます。
航跡の長さ(秒)	シミュレーション時及びリプレイ時に、現在時刻から何秒前の時刻までミサイルの航跡を描画するかを秒単位で指定します。設定値を大きくすると過去の航跡まで描画できますが、その分描画精度が低下します。 なお、設定値は 100 秒刻みでしか指定できません。
命中判定(m)	迎撃ミサイル及び標的ミサイルの距離がどれだけ接近すると命中と判定されるのかを m 単位で指定します。通常は規定値の 1.0m で問題ありませんが、迎撃ミサイル命中時の標的ミサイルと迎撃ミサイルの相対速度が 20km/s を超えると予想される場合、これより大きな値を指定する必要があります。 命中時の両者の相対速度の予測値が V_R (km/s)である場合、数値ボックスの値を $V_R \times 0.05$ (m)より大きくすることを推奨します。

5-1-5 ミニマップ

初期設定画面右上は 3D 表示のミニマップとなっています。ここでは設定状況を直感的に確認できるほか、迎撃ミサイル、標的ミサイル、外部レーダーをマウス操作で配置したり、地球上の 2 点間の距離及び方位を測定し



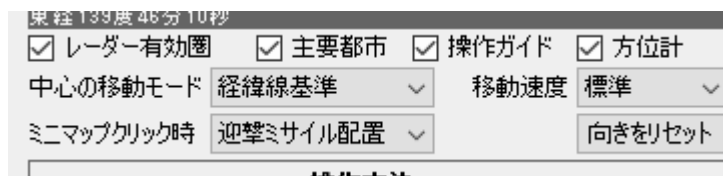
たりすることができます。なお、各種の設定値を変更するとミニマップの表示も更新されます。
次にミニマップの項目について説明します。

項目	内容
迎撃ミサイル配置地点	シミュレーション開始時に迎撃ミサイルが配置されている地点が水色の点で表示されます。なお、自己レーダーは迎撃ミサイルの配置地点から 10m 離れた場所に自動的に配置されます。
標的ミサイル配置地点	シミュレーション開始時に標的ミサイルが配置されている地点が黄色の点で表示されます。標的ミサイルが空中に配置されている場合、標的ミサイル直下の地点を表す高度線が表示されます。
標的ミサイルの弾道	現在の条件で予想される標的ミサイルの弾道を計算し、結果を黄色の実線で表示します。シミュレーション開始から 10000 秒以内に標的ミサイルが着弾しないと予想される場合、開始から 10000 秒後までの弾道のみ表示されそれ以降の弾道計算は打ち切られます。 なお、初期設定画面における弾道計算は、パフォーマンスを優先するため精度を粗くして 100 ミリ秒単位で実行されます。そのため、実際のシミュレーションの結果とは若干の誤差を生じます。標的ミサイルが高度 100 キロ以下の大気圏内を水平に近い角度でかすめるような弾道をとる場合、誤差が非常に大きくなる可能性があります。
弾道頂点	計算された標的ミサイルの弾道における最高点の位置とその高度がオレンジ色のシンボルと数字(km 単位)で表示されます。
予想着弾点	標的ミサイルの予想着弾点の位置と配置地点からの射程距離がオレンジ色のシンボルと数字(km 単位)で表示されます。この射程距離は標的ミサイルの配備地点と予想着弾点の単純な大圏距離を表すため、標的ミサイルが地球を半周以上してから着弾する場合、射程距離は逆に短く表示されます。 また、10000 秒以内に標的ミサイルが着弾しない場合、予想着弾点の代わりに 10000 秒経過時の予想位置が表示されますが、この場合は射程距離の値は表示されません。
外部レーダー配置地点	外部レーダーを配置した地点が緑色の点で表示されます。外部レーダーが空中に配置されている場合、外部レーダー直下の地点を表す高度線が表示されます。迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」の場合は表示されません。
自己レーダー有効圏	自己レーダーの有効圏が水色のワイヤーフレームの球体として表示されます。
外部レーダー有効圏	外部レーダーの有効圏が緑色のワイヤーフレームの球体として表示されます。迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」の場合は表示されません。
方位計	現在のカメラの位置(視点)からミニマップの中心を見たときの方位をミニマップ上部に表示します。

項目	内容
操作ガイド	キーボード操作で画面の中心を移動させる際、どのキーを押すとどの方向に中心が移動するかが紫色の十字及びアルファベットで表示されます。
情報表示エリア	<p>ミニマップに関する情報が表示されます。</p> <p>1. メッセージ ミニマップ上で左クリックした時の動作が表示されます。これらの動作は「ミニマップクリック時」コンボボックスで指定します(P22 参照)。</p> <p>2. 弾道情報 現在の設定における弾道の射程、頂点の高度及び着弾までの飛翔時間の予測値が表示されます。頂点の高度及び射程は、それぞれのシンボルの横にオレンジ色で表示される数値と同じ値となります。</p> <p>3. 着弾点 現在の設定における予想着弾点の位置が表示されます。シミュレーション開始から 10000 秒以内に着弾しないと予想される場合は表示されません。</p> <p>4. 中心の位置 ミニマップの中心の緯度及び経度を表示します。</p> <p>5. マウスカーソルの位置 地球にマウスカーソルを合わせた場合に、カーソルが指し示す地点の緯度及び経度を表示します。マウスカーソルが地球以外の宇宙空間を指し示す場合には表示されません。</p> <p>6. 始点から終点までの方位と距離 距離・方位測定モード(P25 参照)において、指定した始点から終点までの方位と大圏距離を表示します。</p>

ミニマップの下には、ミニマップ上のレーダー有効圏、主要都市、操作ガイド、方位計の表示の ON/OFF を切り替えるチェックボックスがあります。各項目のチェックボックスにチェックを入れると、その項目がミニマップ上に表示されます。

また、チェックボックスの下には、マップの中心をキーボード操作で移動させる際の移動モード及び移動速度、ミニマップクリック時の動作を設定するためのコンボボックスやミニマップの表示方向をリセットするためのリセットボタンがあります。



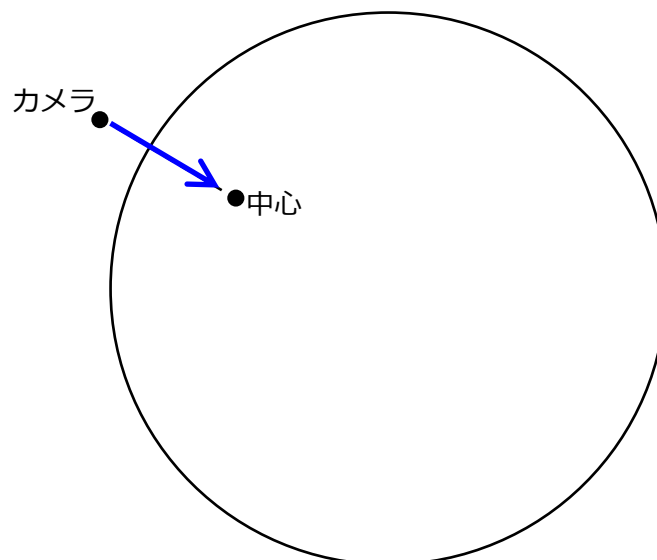
以下、これらのチェックボックス及びコンボボックスについて説明します。

項目	内容
レーダー有効圏 (チェックボックス)	各レーダーの有効圏の表示/非表示を切り替えます。
主要都市 (チェックボックス)	MDS12 に登録されている世界の主要な都市の位置と名称の表示/非表示を切り替えます。
操作ガイド (チェックボックス)	操作ガイドの表示/非表示を切り替えます。
方位計 (チェックボックス)	方位計の表示/非表示を切り替えます。
中心の移動モード (コンボボックス)	<p>キーボード操作でマップの中心を移動させる時の移動方向を指定します。操作方法の詳細については P23 を参照してください。</p> <p>1. 経緯線基準 マップの中心を経緯線に沿って東西又は南北方向に移動させます。</p> <p>2. 画面奥基準 マップの中心を画面の奥又は手前方向に向かって移動させます。</p>
ミニマップクリック時 (コンボボックス)	<p>ミニマップ上で左クリックした時の動作モードを指定します。動作モードは次のとおりです。</p> <p>1. 迎撃ミサイル配置 ミニマップ上で左クリックした位置に迎撃ミサイルが配置されます。</p> <p>2. 標的ミサイル配置 ミニマップ上で左クリックした位置に標的ミサイルが配置されます。飛翔フェイズに「ミッドコースフェイズ」又は「ターミナルフェイズ」が選択されている場合(巡航ミサイルモードを含む)、標的ミサイルはクリックした位置の上空、「配置高度(km)」数値ボックスで指定した高度の場所に配置されます。</p>

項目	内容
	<p>3. 外部レーダー配置</p> <p>ミニマップ上で左クリックした位置の上空、「外部レーダーの標高(km)」数値ボックスで指定した高度の場所に外部レーダーが配置されます。ただし、迎撃ミサイルの管制モードに「直接管制」が選択されている場合にはクリックしても外部レーダーは配置されません。</p> <p>4. 距離・方位測定</p> <p>距離・方位測定モードに切り替わります(P25 参照)。</p> <p>5. マップ中心の移動</p> <p>ミニマップ上で左クリックした位置に中心が移動します。</p>
移動速度 (コンボボックス)	キーボードのF/H/T/Gキーでマップの中心を移動する際の移動速度の最大値を指定します。
向きをリセット	ミニマップの表示方向を初期状態(真北を向いた向き)に戻します。

※ミニマップでの表示範囲変更操作について

ミニマップは、3D 空間に仮想的な視点(カメラ)を置き、そこから地表上のある一点(マップの中心)を見た時の視界を表示します。



ミニマップでは、キーボードの A/D/W/S キー、F/H/T/G キー及び F11/F12 キーを押すことによりカメラと中心の位置を移動し表示範囲を変更することができます。このとき、「中心の移動モード」コンボボックスの設定値により動作が異なります。

1. 経緯線基準モード時

A/D: マップの中心に対してカメラを水平方向に回転移動させます。

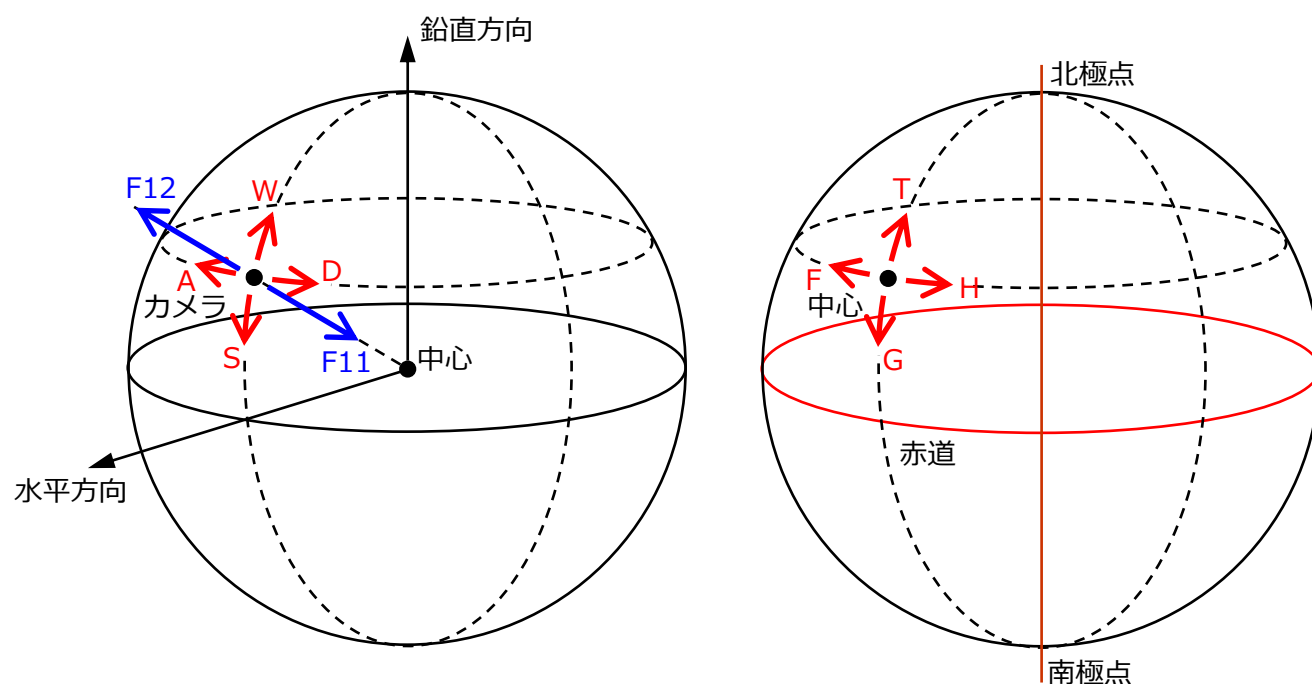
W/S: マップの中心に対してカメラを鉛直方向に回転移動させます。

F/H: マップの中心を緯線に沿って東西方向に移動させます。それぞれのキーを押し続けることで移動速度が上がります。

T/G: マップの中心を経線に沿って南北方向に移動させます。それぞれのキーを押し続けることで移動速度が上がります。

F11: カメラの位置をマップの中心に近づけます。

F12: カメラの位置をマップの中心から遠ざけます。



2. 画面奥基準モード時

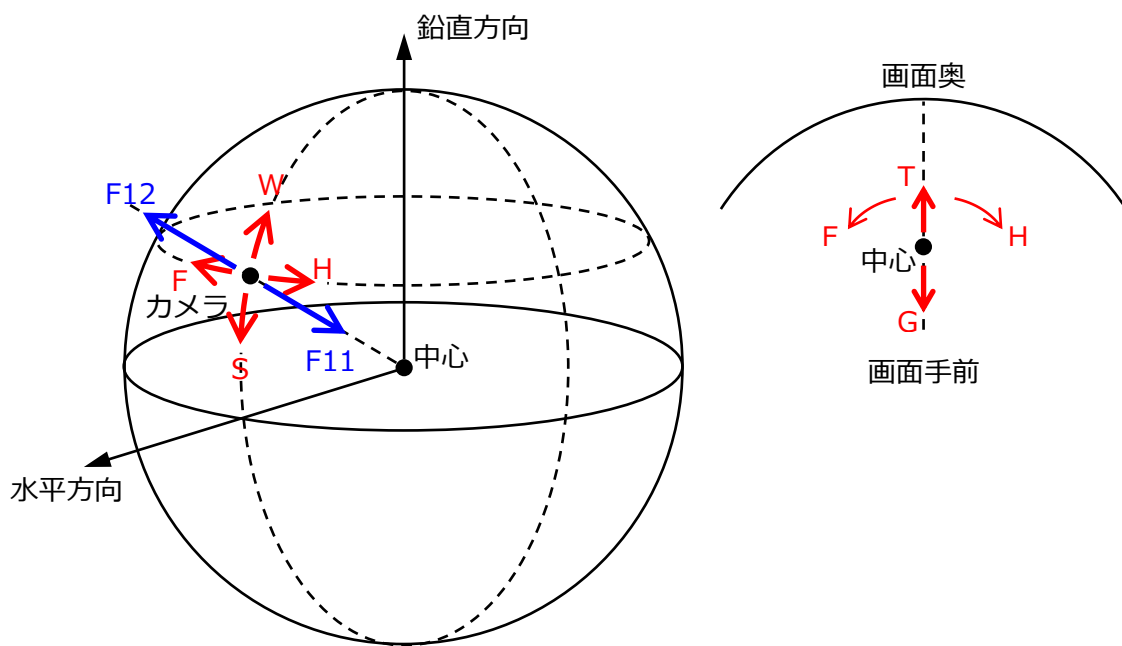
F/H: マップの中心に対してカメラを水平方向に回転移動させます。

W/S: マップの中心に対してカメラを鉛直方向に回転移動させます。

T/G: マップの中心を画面の奥又は手前方向に移動させます。

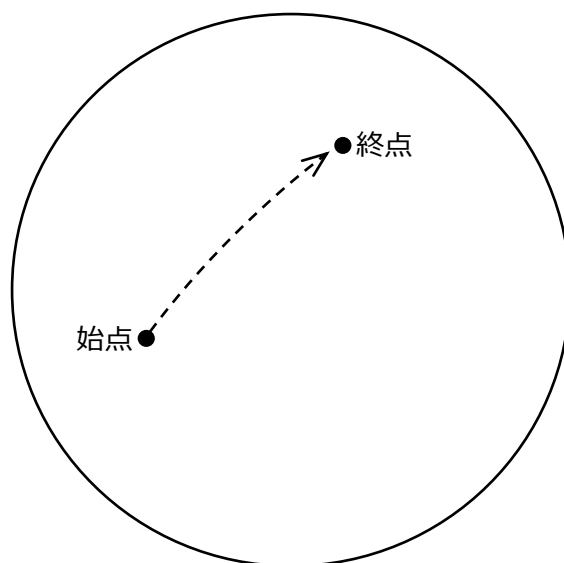
F11: カメラの位置をマップの中心に近づけます。

F12: カメラの位置をマップの中心から遠ざけます。



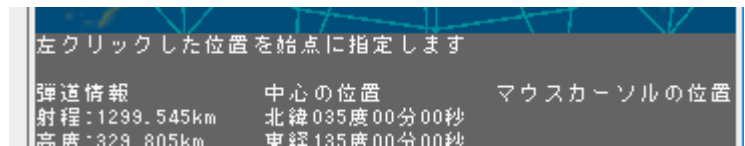
※距離・方位測定モードについて

「ミニマップクリック時」コンボボックスで「距離・方位測定」を選択すると、距離・方位測定モードになります。この状態では、ミニマップ上の任意の2点を始点及び終点として指定し、2点間の距離及び始点から見た終点の方位を測定するほか、終点に指定した地点にミサイルや外部レーダーを配置することができます。始点及び終点はミニマップ上の地点をマウスで左クリックして指定するほか、ミニマップ上で右クリックすることでサブメニューを表示し、そこでミサイルやレーダーの配置地点や標的ミサイルの着弾点を指定することもできます。



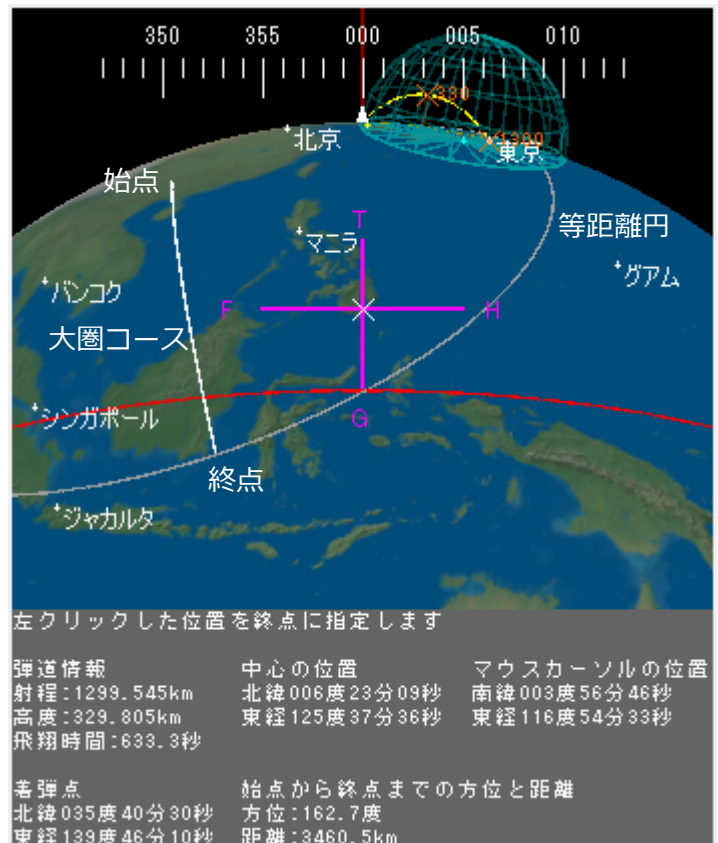
1. 始点の指定

距離・方位測定モード起動直後は、情報表示エリアに「左クリックした位置を始点に指定します」と表示された始点指定モードです。この状態でミニマップ上の地点を左クリックすると、その地点が始点として指定されます。



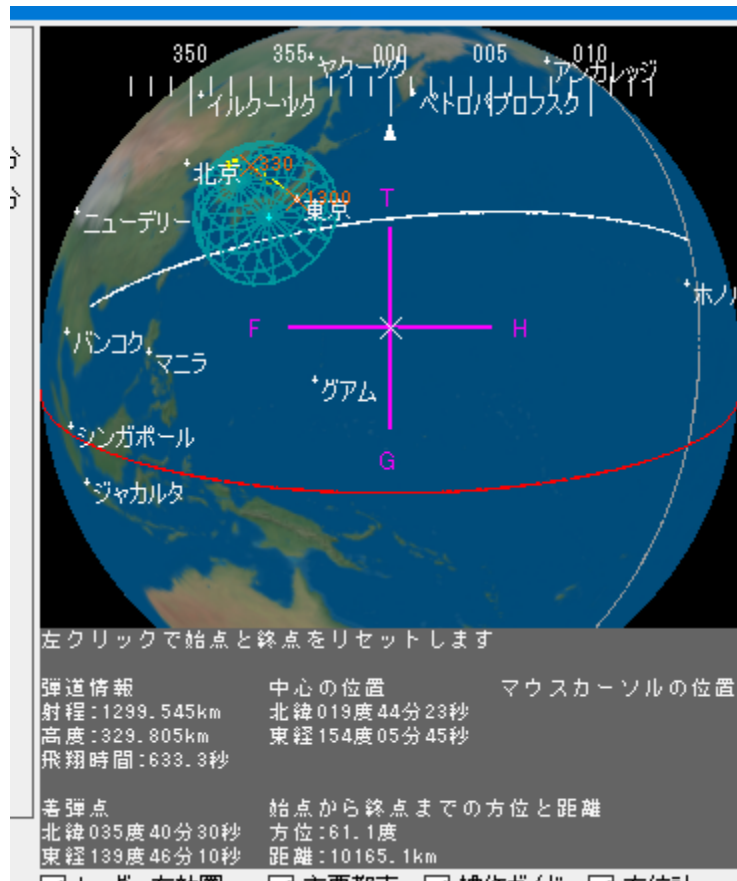
2. 終点の指定

始点を指定すると情報表示エリアに「左クリックした位置を終点に指定します」と表示され、終点指定モードに切り替わります。この状態でミニマップ上の地点を左クリックすると、その地点が終点として指定されます。なお、終点指定モード時には始点とマウスカーソルの位置を結ぶ大圏コースと、始点からマウスカーソルの位置までの距離に等しい点を結んだ等距離円がミニマップに、始点からマウスカーソルの位置までの距離と方位が情報表示エリアに表示されます。

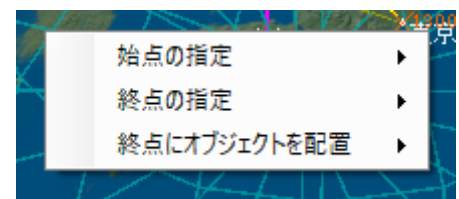


3. 始点と終点のリセット及びオブジェクトの配置

終点を指定すると情報表示エリアに「左クリックで始点と終点をリセットします」と表示されたリセットモードになります。リセットモードでは終点指定モードと同様に指定された始点と終点を結ぶ大圏コースと等距離円がミニマップに、始点と終点の間の距離と方位が情報表示エリアに表示されており、ミニマップ上で左クリックすることで始点と終点がリセットされて始点指定モードに戻ります。リセットモードでは右クリックのサブメニューにより、終점에ミサイルやレーダー等のオブジェクトを配置することができます。



距離・方位測定モード時にミニマップ上で右クリックすると次のサブメニューが表示されます。



サブメニューの項目は次のとおりです。

項目		内容
始点の指定 (始点指定モードでのみ有効)	迎撃ミサイルの位置を始点にする	迎撃ミサイルが配置されている地点を始点に指定します。
	標的ミサイルの位置を始点にする	標的ミサイルが配置されている地点を始点に指定します。ミッドコースフェイズやターミナルフェイズ、巡航ミサイルモード有効時のように標的ミサイルが空中に配置されている場合、その直下の地表が指定されます。
	外部レーダーの位置を始点にする	外部レーダーが配置されている地点を始点に指定します。外部レーダーが空中に配置されている場合、その直下の地表が指定されます。ただし、迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」に指定されている場

項目		内容
		合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
	標的ミサイルの着弾点を始点にする	標的ミサイルの予想着弾点を始点に指定します。ただし、巡航ミサイルモード有効時や標的ミサイルが 10000 秒以内に着弾しないと予想される場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
終点の指定 (終点指定モードでのみ有効)	迎撃ミサイルの位置を終点にする	迎撃ミサイルが配置されている地点を終点に指定します。
	標的ミサイルの位置を終点にする	標的ミサイルが配置されている地点を終点に指定します。ミッドコースフェイズやターミナルフェイズ、巡航ミサイルモード有効時のように標的ミサイルが空中に配置されている場合、その直下の地表が指定されます。
	外部レーダーの位置を終点にする	外部レーダーが配置されている地点を終点に指定します。外部レーダーが空中に配置されている場合、その直下の地表が指定されます。ただし、迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」に指定されている場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
	標的ミサイルの着弾点を終点にする	標的ミサイルの予想着弾点を終点に指定します。ただし、巡航ミサイルモード有効時や標的ミサイルが 10000 秒以内に着弾しないと予想される場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
終点にオブジェクトを配置 (リセットモードでのみ有効)	終点に迎撃ミサイルを配置する	確定した終点の位置に迎撃ミサイルを配置します。
	終点に標的ミサイルを配置する	確定した終点の位置に標的ミサイルを配置します。ミッドコースフェイズやターミナルフェイズ、巡航ミサイルモード有効時の場合、終点の位置の上空の「配置高度(km)」数値ボックスで指定された高度の位置に配置します。
	終点に外部レーダーを配置する	確定した終点の位置の「外部レーダーの標高(km)」数値ボックスで指定された高度に外部レーダーを配置します。ただし、迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」の場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。

5-1-6 各モードの開始及び設定関連ボタン

初期設定画面の中央下部には、シミュレーションやリプレイを開始するためのボタンや、設定の保存/読み込み等に関するボタンが配置されています。それぞれのボタンの概略は次のとおりです。

項目	内容
シミュレーション開始	初期設定画面の設定値によりシミュレーションを開始します。
リプレイ開始	リプレイファイル(*.ms12)を読み込んで再生します(P50 参照)。
設定保存	現在の設定値を初期設定ファイル(*.mscon)として保存します。
設定読み込み	初期設定ファイル(*.mscon)又はリプレイファイル(*.ms12)を開き、ファイルに記録された値を設定値として読み込みます。ファイルのフォーマットが不正な場合はエラーメッセージが表示され設定値の読み込みが中断します。
設定値のリセット	初期設定画面の設定値をリセットしてデフォルトに戻します。ただし、「航跡の長さ」数値ボックスの値とミニマップの表示位置はリセットされません。

5-2 シミュレーション

初期設定画面の「シミュレーション開始」ボタンをクリックすると次のようなシミュレーション画面が開きます。シミュレーション画面はシミュレーション表示エリア、情報表示エリア、表示設定エリア、コントロールエリアから構成されます。

The screenshot displays the MDSimulator12 interface, which is divided into several functional areas:

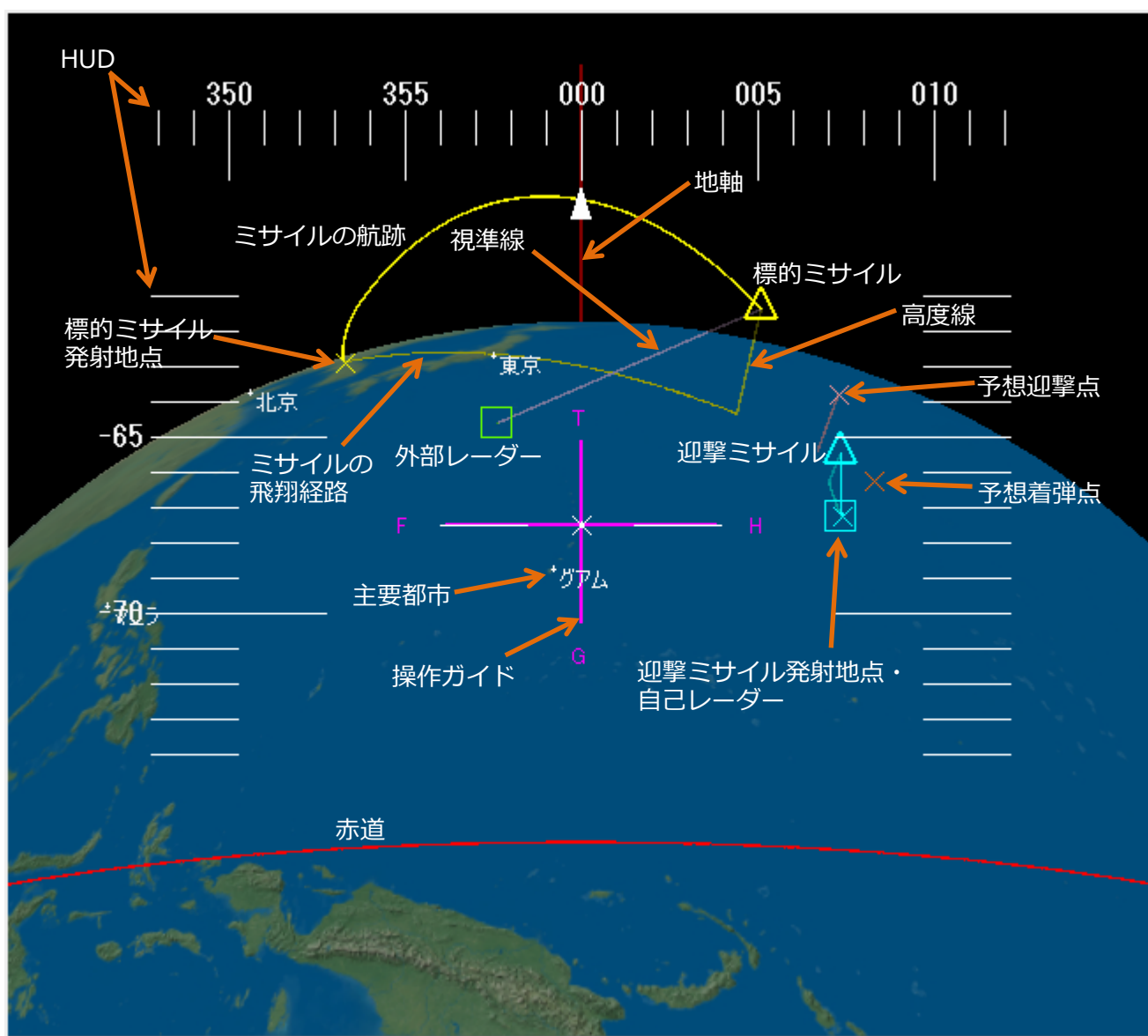
- シミュレーション表示エリア (Simulation Display Area):** The central map area showing a globe with a flight path and various markers.
- 情報表示エリア (Information Display Area):** A panel on the right providing detailed data for selected entities, including missile specifications (e.g., SM-3 Block1A), target information, and flight parameters.
- 表示設定エリア (Display Settings Area):** A panel on the right containing checkboxes to toggle various display elements such as radar, height lines, camera views, and HUD elements.
- コントロールエリア (Control Area):** The bottom section containing buttons for simulation control (e.g., '再開' - Restart, 'シミュレーション結果出力' - Output Simulation Results) and other settings.

なお、シミュレーションは以下の条件のいずれかを満たすと終了します。

- ・迎撃ミサイルと標的ミサイルの距離が命中判定の閾値より小さくなる(命中と判定されます)。
- ・標的ミサイルが地表に到達する。
- ・迎撃ミサイルが地表に到達する。
- ・迎撃ミサイルの速度が 0.1km/s を切る。
- ・SM-3 タイプ又は THAAD タイプの迎撃ミサイルが一度終末誘導フェーズに移行した後、迎撃ミサイルの高度が赤外線シーカーの動作可能高度を下回る。

5-2-1 シミュレーション表示エリア

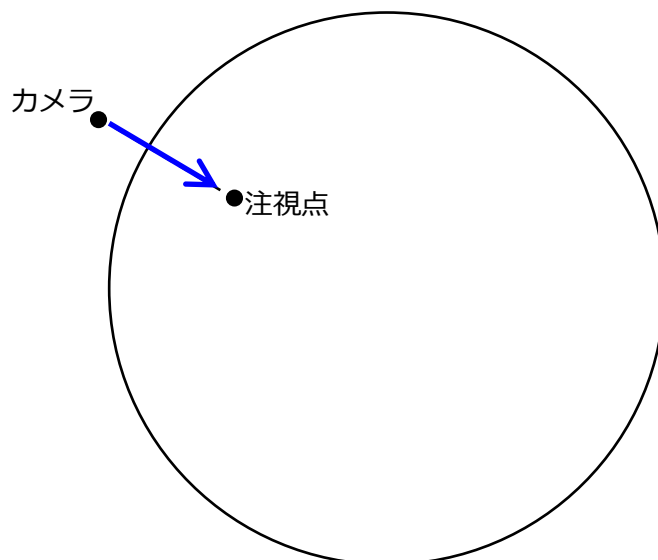
シミュレーション表示エリアでは、シミュレーションの状況をリアルタイムに 3D で表示します。

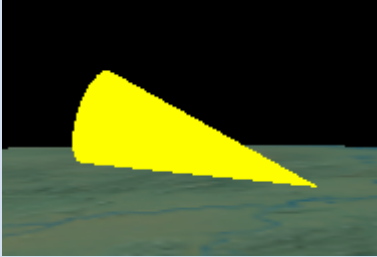

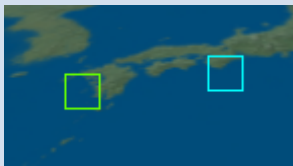




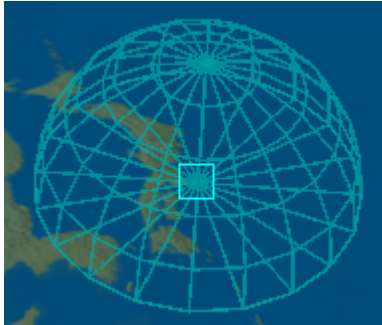
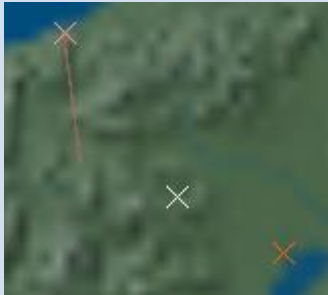
シミュレーション表示エリアでは、空間の一点にカメラを置き、そこから空間上の別の一点(注視点)を見た時の視界が表示されます。

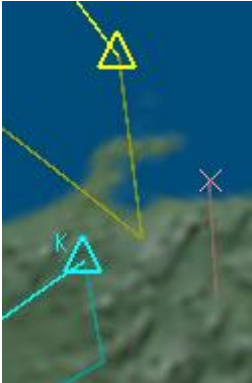


カメラと注視点の位置は、表示設定エリアの設定により変更することができます。

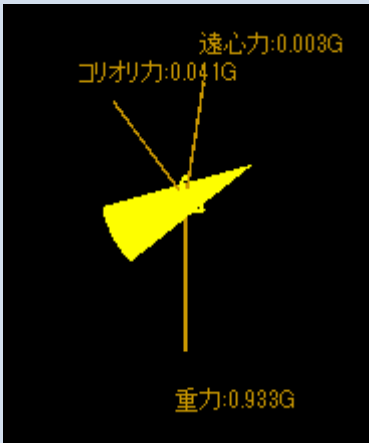
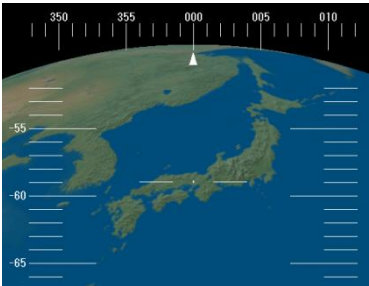
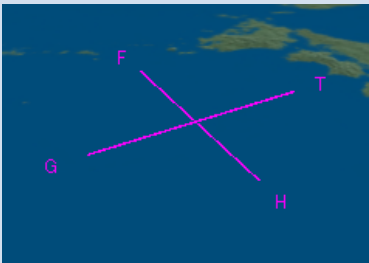

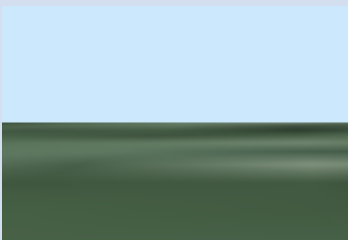
以下に、シミュレーション表示エリアに表示されている各種のオブジェクトについて説明します。それぞれのオブジェクトは、表示設定エリアの表示項目セクション(P40 参照)の対応するチェックボックスにより表示/非表示を切り替えることができます(ただしミサイル自身を非表示とすることはできません)。

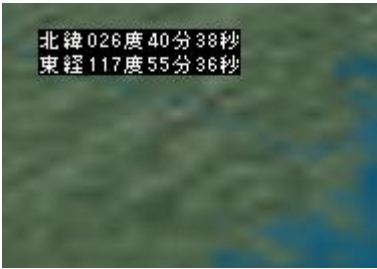
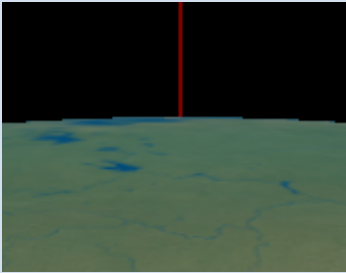
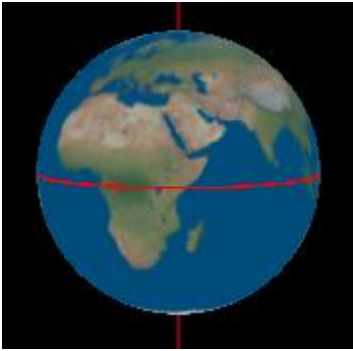


項目	内容
迎撃ミサイル/標的ミサイル 	迎撃ミサイル及び標的ミサイルが円錐形のオブジェクトとして表示されます。オブジェクトの色は迎撃ミサイルが水色、標的ミサイルが黄色となります。ただし円錐は底面の直径が 80cm、長さが 2m しかないため、カメラの位置がミサイルから離れすぎると見えなくなります。なお、ミサイルのブースターが燃焼している間は、ミサイルの後方にブースターの噴射炎を表す赤い円錐が表示されます。
ミサイルマーカー 	迎撃ミサイル及び標的ミサイルの位置に三角形のマーカーをミサイルと同色で表示します。マーカーはカメラとミサイルの距離に関係なく常に一定のサイズで表示されます。 なお、ミサイルのブースターが燃焼している間は「B」、迎撃ミサイルがキネティック弾頭となった場合には「K」の文字がマーカーの左側に表示されます。
レーダーマーカー 	自己レーダー及び外部レーダーの位置に四角形のマーカーを表示します。マーカーの色は自己レーダーが水色、外部レーダーが緑色となります。マーカーはカメラとレーダーの距離に関係なく常に一定のサイズで表示されます。
ミサイルの航跡 	迎撃ミサイル及び標的ミサイルの空間内の航跡をミサイルと同色で表示します。航跡は現在時刻から初期設定画面の「航跡の長さ(秒)」数値ボックスで指定した時間だけ前までさかのぼって表示されます。 ※航跡は精度よりもパフォーマンスを優先して描画されるため、カメラが航跡から至近距離にある場合は表示が乱れることがあります。

項目	内容
<p>ミサイルの飛翔経路</p> 	<p>迎撃ミサイル及び標的ミサイルの航跡を地表に投影した軌跡をミサイルと同色で表示します。飛翔経路は現在時刻から初期設定画面の「航跡の長さ(秒)」数値ボックスで指定した時間だけ前までさかのぼって表示されます。</p> <p>※飛翔経路は精度よりもパフォーマンスを優先して描画されるため、カメラが飛翔経路から至近距離にある場合は表示が乱れることがあります。</p>
<p>レーダー有効圏</p> 	<p>自己レーダーと外部レーダーの有効圏をレーダーマーカーと同色のワイヤフレームの球体で表示します。</p>
<p>地点シンボル</p> 	<p>予想迎撃点や予想着弾点等の各種の地点を×印で表示します。以下に各シンボルについて説明します。(カッコ内はシンボルの色を表します)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 注視点(白) 「注視点の位置(P43 参照)」に「地表」を指定した時、カメラから見た注視点の位置を表します。 2. 予想迎撃点(ピンク) 予想迎撃点(P6 参照)の位置を表します。 3. 予想着弾点(オレンジ) 弾道ミサイルが現在の位置、針路、速度で慣性飛行した際に着弾すると予想される地点を表します。現在時刻から 10000 秒以内に弾道ミサイルが着弾しないと予想される場合や巡航ミサイルモードが有効になっている場合には表示されません。 4. 迎撃ミサイル発射地点(水色) シミュレーション開始時に迎撃ミサイルが配置されていた地点を表します。

項目	内容
	<p>5. 標的ミサイル発射地点(黄色)</p> <p>シミュレーション開始時に標的ミサイルが配置されていた地点を表します。</p>
<p>高度線</p> 	<p>空中にあるミサイルや外部レーダー、地点シンボル等のオブジェクトとその直下の地表を結ぶ直線をオブジェクトと同色で表示します。</p>
<p>カメラとの距離</p> 	<p>カメラからミサイルやレーダー、地点シンボル等のオブジェクトまでの距離を km 単位で表示します。表示色はオブジェクトと同色となります。</p>
<p>視準線</p> 	<p>レーダーと迎撃ミサイル、標的ミサイルを結ぶ白色の直線です。それぞれ次のような意味を持ちます。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. レーダー～標的ミサイル 標的ミサイルがレーダーに探知されている間、該当するレーダーとの間に表示されます。 2. レーダー～迎撃ミサイル 発射された迎撃ミサイルが地上からの指令で中間誘導されている間、該当するレーダーとの間に表示されます。 3. 迎撃ミサイル～標的ミサイル 迎撃ミサイルが終末誘導フェーズに移行し、ミサイルのシーカーが目標を捕捉している間、両ミサイル間に表示されます。

項目	内容
弾道ミサイルの加速度 	<p>弾道ミサイルに作用する重力をはじめとする各種の力によって生じる加速度の向きと大きさを、弾道ミサイルを中心とした大きさ一定のベクトルとして金色の直線で表示します。ただし、カメラと弾道ミサイルの距離が 500m 以上離れている場合及び巡航ミサイルモード有効時には表示されません。</p> <p>表示される加速度に対応する力は重力、コリオリ力、空気抵抗、遠心力、ブースト段階におけるブースターの推力、ミッドコース段階におけるスラスターの推力です。</p>
HUD 	<p>カメラの位置において、カメラから注視点を見たときの視線の方位と仰角をシミュレーション表示エリア上に重ね合わせて表示します。シミュレーション表示エリア上部の水平方向の目盛りが方位を、シミュレーション表示エリア左右の垂直方向の目盛りが仰角をそれぞれ表します。</p>
操作ガイド 	<p>注視点の位置に「地表」が指定されている場合に、キーボード操作で注視点を移動させる際の移動方向を示すガイドが表示されます。注視点の移動については P43 を参照してください。</p>
主要都市 	<p>MDS12 に登録されている世界の主要な都市を表示します。</p>
青空 	<p>カメラの高度が 20km 以下の場合に、カメラから見た空の色がカメラの高度に応じた色合いで表示されます。</p>

項目	内容
カーソル位置 	マウスカーソルがシミュレーション表示エリア内にあるとき、マウスカーソルの位置が指し示す地表の点の緯度及び経度をマウスカーソルの右上に表示します。
地軸 	地球の自転軸を北極点及び南極点から伸びる茶色の直線として表示します。
赤道 	地球の赤道を赤色の線で表示します。

5-2-2 情報表示エリア

情報表示エリアでは、現時点におけるミサイルやレーダーの状態、シミュレーションの状況等の各種情報が表示されます。

情報表示エリアの各項目については次のとおりです。

項目	内容
標的ミサイル/迎撃ミサイル	標的ミサイルと迎撃ミサイルの名称、現在位置、速度、進行方向等の情報が表示されます。 針路はミサイルが進む方角を 0 度を真北として時計回りに測った角度で、仰角は垂直方向に進む向きを 0 度を水平、90 度を鉛直上向き、-90 度を鉛直下向きとする角度で表示します。
自己レーダー/外部レーダー	自己レーダーと外部レーダーの位置、探知距離及び目標を捕捉しているかどうかが表示されます。

項目	内容
予想着弾点	標的ミサイルの予想着弾点(P32 参照)の緯度と経度を表示します。現在時刻から 10000 秒以内に標的ミサイルが着弾しないと予想される場合は何も表示されません。
予想迎撃点	迎撃ミサイルの予想迎撃点(P6 参照)の緯度と経度、高度を表示します。迎撃の諸元計算が完了していない場合や、物理的に迎撃が不可能とみなされる場合には何も表示されません。
カメラ	カメラがある地点の緯度と経度、地表からの高度及び注視点までの距離(任意回転モード(P41 参照)時のみ)を表示します。
発射モード	迎撃ミサイルの発射モードを表示します。
管制モード	迎撃ミサイルの管制モードを表示します。
巡航ミサイルモード	巡航ミサイルモードが有効かどうかを ON/OFF で表示します。
空気抵抗	空気抵抗の有無を表示します。
自転の影響	弾道ミサイルモードにおけるコリオリ力及び遠心力の有無を表示します。ただし、巡航ミサイルモード有効時はこの表示に関係なく自転の影響は常に無視されます。
現在の状況	<p>現在の状況が表示されます。表示は次のとおりです。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 目標未探知 レーダーが標的ミサイルを探知しておらず、迎撃ミサイルも発射されていない状態です。 2. 目標追跡・迎撃諸元計算中 レーダーが標的ミサイルを探知してはいるものの、諸元計算所要時間が経過していない状態です。 3. 発射可能 レーダーが目標を探知後、諸元計算所要時間が経過し諸元計算が完了した結果、迎撃ミサイルを発射できると判断された状態です。この状態でスペースキーを押すと迎撃ミサイルが発射されます。 4. 発射不能 諸元計算が完了したものの、迎撃ミサイルを発射できないと判断された状態です。

項目	内容
	<p>5. 交戦中 迎撃ミサイルが発射され飛行している状態です。</p> <p>6. 迎撃成功 迎撃ミサイルが目標に命中しシミュレーションが終了した状態です。</p> <p>7. 迎撃失敗(標的ミサイル着弾) 標的ミサイルが地表に到達しシミュレーションが終了した状態です。</p> <p>8. 迎撃失敗(迎撃ミサイル墜落) 迎撃ミサイルが地表に到達しシミュレーションが終了した状態です。</p> <p>9. 迎撃失敗(迎撃ミサイル失速) 迎撃ミサイルの速度が 0.1km/s を切りシミュレーションが終了した状態です。</p> <p>10. 迎撃失敗(シーカー停止) SM-3 タイプ又はTHAADタイプの迎撃ミサイルが一度終末誘導フェイズに移行した後、高度が再度シーカーの動作可能高度を下回ってシーカーが機能なくなりシミュレーションが終了した状態です。</p>
誘導状態	<p>迎撃ミサイルの現在の誘導状態を表示します。表示は次のとおりです。</p> <p>1. 無誘導 迎撃ミサイルが発射された直後であり、まだ無誘導フェイズが終了していない状態です。</p> <p>2. 中間誘導(予想迎撃点指向) 迎撃ミサイルが地上からの指令により予想迎撃点に向かって飛翔している状態です。</p> <p>3. 中間誘導(COLOS) 迎撃ミサイルが地上からの指令により比例航法で飛翔している状態です。</p> <p>4. 終末誘導 迎撃ミサイルのシーカーが目標を捕捉し、目標を自律追尾している状態です。</p>

項目	内容
	<p>5. 誘導不能(データリンク切断) 迎撃ミサイルが中間誘導中にレーダー有効圏外に出てしまい、中間誘導ができなくなった状態です。</p> <p>6. 誘導不能(レーダーロスト) 迎撃ミサイルが中間誘導中にレーダーが目標を見失った状態です。</p> <p>7. 誘導不能(諸元再計算中) 迎撃ミサイルが中間誘導中にレーダーが一度目標を見失い、その後再捕捉した直後の状態です。諸元の再計算が完了するまではこの状態が継続し、その間は迎撃ミサイルの誘導はできません。</p> <p>8. 誘導不能(シーカーロスト) 迎撃ミサイルが終末誘導フェイズに移行した後、目標がシーカーの探知範囲外に出てしまいシーカーが目標を見失った状態です。この状態になると再捕捉はできず迎撃は失敗となります。</p>
ミサイル間の距離 (迎撃ミサイル発射時のみ表示)	標的ミサイルと迎撃ミサイルの間の距離を表示します。
ミサイル間の相対速度 (迎撃ミサイル発射時のみ表示)	標的ミサイルと迎撃ミサイルが接近する際の相対速度を表示します。
ミサイル同士の交差角度 (迎撃ミサイル発射時のみ表示)	標的ミサイルと迎撃ミサイルの針路ベクトルがなす角度を表示します。0 度であれば標的ミサイルに対し後方から接近、90 度であれば標的ミサイルの側面からの衝突、180 度であれば正面衝突となります。
標的ミサイルの角速度 (迎撃ミサイル発射時のみ表示)	迎撃ミサイルから見た標的ミサイルの角速度を表示します。ただし、角速度を計算する際の時間間隔は初期設定画面における「比例航法時の目標検出間隔(ミリ秒)」で指定した時間となるため、その設定値により角速度の値が変わる場合があります。
迎撃ミサイルの必要旋回速度 (迎撃ミサイル発射時のみ表示)	比例航法時において、迎撃ミサイルが理想的な衝突コースをキープするために要求される旋回角速度を表示します。この数値は上記の標的ミサイルの角速度に航法定数の値を乗じたものになります。

項目	内容
のみ表示)	
迎撃ミサイルの最大 旋回速度 (迎撃ミサイル発射時 のみ表示)	迎撃ミサイルの現時点における最大旋回能力を角速度で表します。上記の必要 旋回速度が最大旋回速度を上回る状態が長く続いた場合、迎撃ミサイルは標的 ミサイルの動きに追従しきれないため迎撃に失敗します。
ミサイル間の最接近 距離 (迎撃ミサイル発射時 のみ表示)	標的ミサイルと迎撃ミサイルが最も接近した距離を表示します。通常この距離 はミサイル間の距離と一致しますが、迎撃に失敗しミサイル同士がすれ違った 場合には最も接近した時の距離が表示されます。
命中判定 (迎撃ミサイル発射時 のみ表示)	迎撃ミサイルが標的ミサイルに命中したと判定される両者の距離の閾値を表示 します。
現在時刻	シミュレーション開始からの経過時刻を表示します。
交戦時間 (迎撃ミサイル発射時 のみ表示)	迎撃ミサイルを発射してからの経過時間を表示します。
命中まで (迎撃ミサイル発射時 のみ表示)	予想される命中までの残り時間を表示します。この数値はミサイル間の距離を 両者の相対速度で割ったものであるため、ミサイル同士がすれ違った場合には 増加していきます。

5-2-3 表示設定エリア

表示設定エリアでは、シミュレーション表示エリアに表示する各種オブジェクトの表示/非表示の切り替えや、カメラ及び注視点の位置の設定を行います。

5-2-3-1 表示項目セクション

表示項目セクションでは、チェックボックスを選択することでシミュレーション表示エリアの各種オブジェクトの表示/非表示を切り替えます。

チェックボックスはメインとそれに対応するサブの2つに分かれており、メインチェックボックスにチェックを入れると対応するサブチェックボックスが全て選択され、逆にメインチェックボックスのチェックを外すと対応するサブチェックボックスのチェックは全て外れ、サブチェックボックス自体もグレースアウト表示され無効になります。あるメインチェックボックスについて、一部のサブチェックボックスのみ無効にしたい場合は、メインチェックボックスにチェックを入れた状態で無効にしたいサブチェックボックスのみチェックを外します。なお、シミュレーションの設定上登場しないオブジェクト(例えば直接管制モードにおける外部レーダー等)のサブチェックボックスはグレースアウト表示され変更できません。

表示項目セクションの最上部には「全てチェック」「全てクリア」の2つのボタンがあります。「全てチェック」ボタンを押すと全てのメイン及びサブチェックボックスがチェックされ、「全てクリア」ボタンを押すと全てのチェックボックスのチェックが外されます。

メインチェックボックス サブチェックボックス

表示項目	全てチェック	全てクリア
<input checked="" type="checkbox"/> ミサイルマーカー	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル
<input checked="" type="checkbox"/> レーダーマーカー	<input checked="" type="checkbox"/> 自己レーダー	<input checked="" type="checkbox"/> 外部レーダー
<input checked="" type="checkbox"/> ミサイルの航跡	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル
<input checked="" type="checkbox"/> ミサイルの飛行経路	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル
<input checked="" type="checkbox"/> レーダー有効圏	<input checked="" type="checkbox"/> 自己レーダー	<input checked="" type="checkbox"/> 外部レーダー
<input checked="" type="checkbox"/> 地点シンボル	<input checked="" type="checkbox"/> 注視点	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル発射地点
	<input checked="" type="checkbox"/> 予想迎撃点	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル発射地点
	<input checked="" type="checkbox"/> 予想着弾点	
<input checked="" type="checkbox"/> 高度線	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル
	<input checked="" type="checkbox"/> 外部レーダー	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル発射地点
	<input checked="" type="checkbox"/> 予想迎撃点	
<input checked="" type="checkbox"/> カメラとの距離	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル
	<input checked="" type="checkbox"/> 自己レーダー	<input checked="" type="checkbox"/> 外部レーダー
	<input checked="" type="checkbox"/> 予想迎撃点	<input checked="" type="checkbox"/> 予想着弾点
	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル発射地点	
	<input checked="" type="checkbox"/> 標的ミサイル発射地点	
<input checked="" type="checkbox"/> 視準線	<input checked="" type="checkbox"/> レーダー ~ 標的ミサイル	
	<input checked="" type="checkbox"/> レーダー ~ 迎撃ミサイル	
	<input checked="" type="checkbox"/> 迎撃ミサイル ~ 標的ミサイル	
<input checked="" type="checkbox"/> 弾道ミサイルの加速度	<input checked="" type="checkbox"/> 重力	<input checked="" type="checkbox"/> ブースター推力
	<input checked="" type="checkbox"/> コリオリ力	<input type="checkbox"/> スラスター推力(前後)
	<input checked="" type="checkbox"/> 空気抵抗	<input type="checkbox"/> スラスター推力(左右)
	<input checked="" type="checkbox"/> 遠心力	<input type="checkbox"/> スラスター推力(上下)
<input checked="" type="checkbox"/> HUD	<input checked="" type="checkbox"/> 操作ガイド	<input checked="" type="checkbox"/> 主要都市
<input checked="" type="checkbox"/> カーソル位置	<input checked="" type="checkbox"/> 地軸	<input checked="" type="checkbox"/> 赤道
		<input checked="" type="checkbox"/> 青空

5-2-3-2 カメラの位置セクション

カメラの位置セクションでは、カメラの位置をラジオボタンで選択し、カメラと注視点との間の距離をスライバーで変更することによりカメラの位置を設定することができます。ただし、選択したラジオボタンによっては、注視点の位置に制約が生じることがあります。以下に本セクションの各項目について説明します。

カメラ位置選択ボタン

距離変更バー

カメラの位置

☒ 任意回転(注視点中心) ☐ 自己レーダー

☐ 迎撃ミサイル ☐ 外部レーダー

☐ 標的ミサイル ☐ 現在位置に固定

カメラの向きをリセット

注視点との距離

近 標準 遠

視線方向の基準 方位

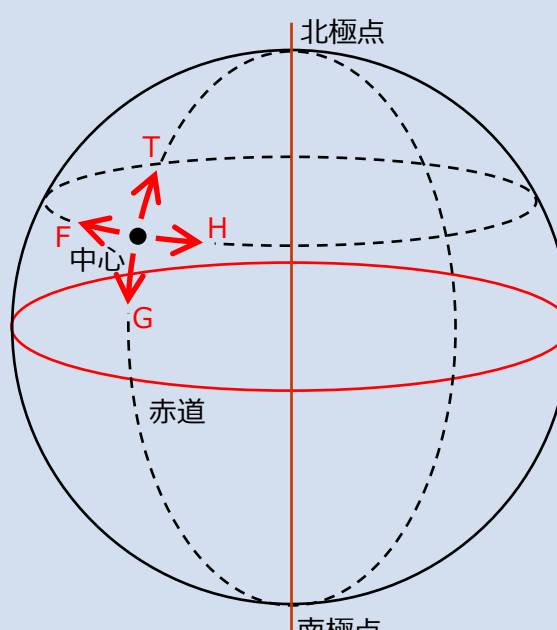
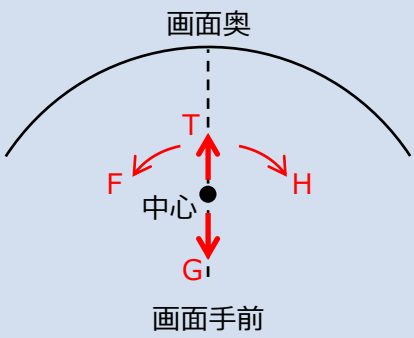
項目	内容
任意回転(注視点中心)	<p>カメラの位置をキーボード操作により注視点を中心に水平及び鉛直方向に回転移動させます。</p> <p>W:カメラを鉛直上向きに回転移動させます。 S:カメラを鉛直下向きに回転移動させます。 F:注視点位置選択ボタン(P43 参照)で「地表」が選択され、注視点移動モード(P43 参照)が「画面奥基準」の場合に、カメラを水平左向きに回転移動させます。 H: 注視点位置選択ボタンで「地表」が選択され、注視点移動モードが「画面奥基準」の場合に、カメラを水平右向きに回転移動させます。 A:注視点位置選択ボタンで「地表」が選択され、注視点移動モードが「画面奥基準」である場合を除き、カメラを水平左向きに回転移動させます。 D:注視点位置選択ボタンで「地表」が選択され、注視点移動モードが「画面奥基準」である場合を除き、カメラを水平右向きに回転移動させます。 F11:カメラを注視点に近づけます(最小 5m)。 F12:カメラを注視点から遠ざけます(最大 63710km)。</p>
迎撃ミサイル	カメラの位置を迎撃ミサイルに固定します。このモードの時には迎撃ミサイルを表す円錐及び迎撃ミサイルマーカーは表示されません。
標的ミサイル	カメラの位置を標的ミサイルに固定します。このモードの時には標的ミサイルを表す円錐及び標的ミサイルマーカーは表示されません。
自己レーダー	カメラの位置を自己レーダーに固定します。このモードの時には自己レーダーマーカーは表示されません。
外部レーダー	カメラの位置を外部レーダーに固定します。このモードの時には外部レーダーマーカーは表示されません。また、迎撃ミサイルの管制モードが直接管制の場合にはこのラジオボタンはグレイアウト表示され選択できません。
現在位置に固定	カメラの位置を、このラジオボタンがクリックされた瞬間の現在位置に固定します。

項目	内容
カメラの向きをリセット	<p>このボタンを押すと、カメラから注視点を見る向きを北向きにリセットします。このボタンはカメラ位置選択ボタンで「任意回転(注視点中心)」が選択されており、かつ注視点位置選択ボタンで「地表」が選択されている場合のみ使用できます。</p>
距離変更バー	<p>カメラ位置選択ボタンで「任意回転(注視点中心)」が選択されている場合のみ、スライダーによりカメラと注視点の間の距離を変更できます。このスライダーを動かすと、カメラと注視点の間の距離がスライダーの目盛りに対応する値に変更されます。ただし、F11/F12 キーによる距離変更操作と比べると細かい調整はできず、また F11/F12 キーで距離を変更してもスライダーの目盛りは変更されません。</p> <p>なお、カメラ位置選択ボタンで「任意回転(注視点中心)」以外が選択されている場合には、スライダーはグレイアウト表示され変更できません。</p>
視線方向の基準	<p>カメラ位置選択ボタンで「任意回転(注視点中心)」が選択され、注視点位置選択ボタンで「迎撃ミサイル」又は「標的ミサイル」が選択されている場合に、カメラから注視点を見る視線の方向の基準を「方位」又は「針路」で指定します。</p> <div> <div> <p>1. 方位</p> <p>視線ベクトルの方向の基準となる方角に真北を指定します。カメラからは常に一定の方角を見ることになるため、注視点にあるミサイルの針路が変わった場合、ミサイルの進行方向が変わるように見えます。</p> </div> <div> </div> </div> <div> <div> <p>2. 針路</p> <p>視線ベクトルの方向の基準となる方角に対象となるミサイルの針路を指定します。カメラからは常にミサイルの進行方向に対して一定の角度を保った方角を見ることになるため、注視点にあるミサイルは針路に関係なく常に一定の方向に向かって動くように見えます。</p> </div> <div> </div> </div>

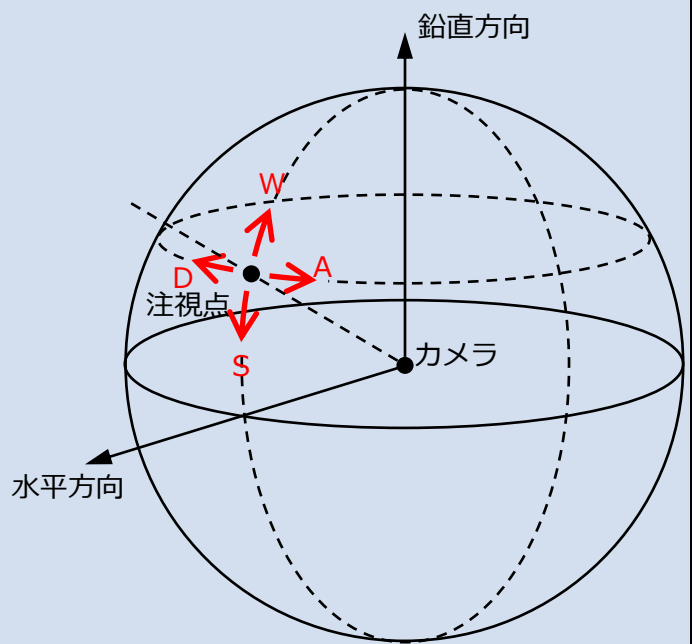
5-2-3-3 注視点の位置セクション

注視点の位置セクションでは、注視点の位置をラジオボタンで選択するほか、注視点の移動速度や移動方向の設定を行うことができます。

以下に、注視点の位置セクションの各項目について説明します。

項目	内容
地表	<p>注視点を地表の一点に固定します。注視点についてはキーボード操作で移動させることができますが、注視点移動モードにより移動のしかたが変わります。注視点移動モードは注視点(地表)の移動方向コンボボックス(P44 参照)により指定します。</p> <p>1. 経緯線基準モード時</p> <p>F:緯線に沿って注視点を西に移動させます。</p> <p>H:緯線に沿って注視点を東に移動させます。</p> <p>T:経線に沿って注視点を北に移動させます。</p> <p>G:経線に沿って注視点を南に移動させます。</p> <p>それぞれのキーは押し続けることで移動速度が上がります。移動速度の最大値は、注視点(地表)の移動速度コンボボックス(P44 参照)で指定します。</p>  <p>2. 画面奥基準モード時</p> <p>T:画面奥に向かって注視点を移動させます。</p> <p>G:画面手前に向かって注視点を移動させます。</p> <p>F:注視点を中心にカメラを右に回転移動させることで、注視点の移動方向を左に回転させます。</p> <p>H:注視点を中心にカメラを左に回転移動させることで、注視点の移動方向を右に回転させます。</p> 

項目	内容
	T/G キーは押し続けることで移動速度が上がります。移動速度の最大値は、注視点(地表)の移動速度コンボボックスで指定します。
迎撃ミサイル	注視点の位置を迎撃ミサイルに固定します。
標的ミサイル	注視点の位置を標的ミサイルに固定します。
ミサイルの進行方向	注視点の位置をミサイルの進行方向前方に固定します。
自己レーダー	注視点の位置を自己レーダーに固定します。
外部レーダー	注視点の位置を外部レーダーに固定します。迎撃ミサイルの管制モードが直接管制の場合にはこのラジオボタンはグレイアウト表示され選択できません。
任意回転(カメラ中心)	<p>注視点の位置を、カメラを中心に水平方向又は鉛直方向に回転移動させます。</p> <p>A:注視点の位置をカメラから見て水平左向きに回転移動させます。</p> <p>D:注視点の位置をカメラから見て水平右向きに回転移動させます。</p> <p>W:注視点の位置をカメラから見て鉛直上向きに回転移動させます。</p> <p>S:注視点の位置をカメラから見て鉛直下向きに回転移動させます。</p>
注視点(地表)の移動速度	注視点の位置選択ボタンで「地表」を選択した場合における注視点の最大移動速度を 5 段階で指定します。
注視点(地表)の移動方向	<p>注視点の位置選択ボタンで「地表」を選択した場合における注視点移動モードを、経緯線基準モードか画面奥基準モードのどちらかから選択します。</p> <p>このコンボボックスは注視点の位置に「地表」が選択されている場合のみ有効となります。</p>

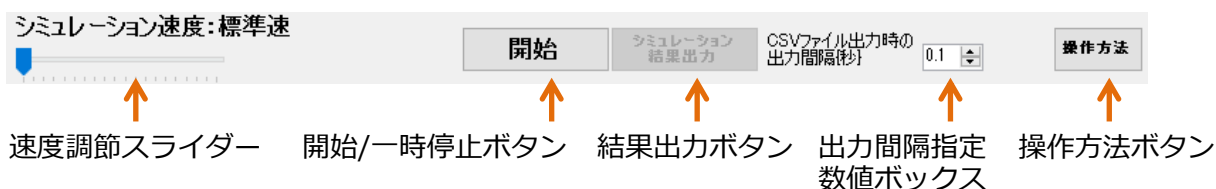


なお、カメラの位置の指定によっては選択できない注視点があります。使用可能なカメラの位置と注視点の位置の組み合わせを下表に示します。

注視点の位置 カメラの位置	地表	迎撃ミサイル	標的ミサイル	ミサイルの進行方向	自己レーダー	外部レーダー	任意回転カメラ中心
任意回転(注視点中心)	○	○	○	×	○	○	×
迎撃ミサイル	×	×	○	○	○	○	×
標的ミサイル	×	○	×	○	○	○	×
自己レーダー	×	○	○	×	×	○	○
外部レーダー	×	○	○	×	○	×	○
現在位置に固定	×	○	○	×	○	○	○

5-2-4 コントロールエリア

コントロールエリアでは、シミュレーションの開始や一時停止、シミュレーションの実行速度、シミュレーション結果の出力を行うことができます。



以下にコントロールエリアの各項目について説明します。

項目	内容
速度調節スライダー	スライダーを移動させることにより、シミュレーションの実行速度を最大 20 倍速まで高速化することができます。ただし、高速な設定は負荷が大きくなるため、十分な効果を得るには高性能な CPU が必要となります。CPU 性能が十分でない場合に極端に高速な設定にすると、逆にパフォーマンスが低下することがあります。
開始/一時停止ボタン	シミュレーションを開始、一時停止又は再開します。初期状態では「開始」と表示されており、クリックするとシミュレーションがスタートします。一度シミュレーションが開始されると表示は「一時停止」と「再開」のトグル表示となり、クリックすることでシミュレーションの一時停止及び再開が行えます。

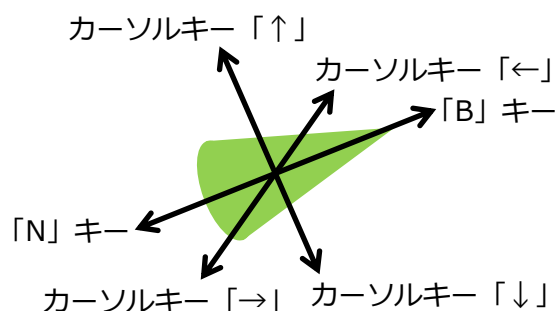
項目	内容
	<p>なお、キーボードの「P」キーはこのボタンと同じ機能があります。</p>
結果出力ボタン	<p>現在までのシミュレーション結果をリプレイファイル(*.ms12)または CSV ファイル(*.csv)に出力することができます。ボタンをクリックすると「名前を付けて保存」ダイアログボックスが開き、ファイル名とファイルの種類、ファイルの保存場所を指定して「保存」ボタンをクリックするとファイルが出力されます。ただし、出力できるのはシミュレーションが一時停止又は終了した場合に限られ、シミュレーション実行中はこのボタンはグレースアウト表示され使用できません。</p> <p>なお、ファイルの種類は「リプレイファイル(*.ms12)」又は「CSV ファイル(*.csv)」から選択します。</p> <p>1. リプレイファイル</p> <p>シミュレーションの設定及び推移をバイナリ形式で記録したファイルです。初期設定画面の「リプレイ開始」ボタンで開くことにより、シミュレーションの状況を再生することができます。また、初期設定画面の「設定読み込み」ボタンで開くことで、リプレイファイルに記録された設定値を初期設定画面の設定として読み込むことができます。</p> <p>2. CSV ファイル</p> <p>標的ミサイルに関する設定値及び標的ミサイルの位置、開始地点からの大圏距離、ダウンレンジ(標的ミサイルの飛翔経路自身の長さ)、高度、速度、加速度の値の時間変化をテキスト形式の CSV ファイルとして出力します。出力間隔は 0.1～10 秒の間で変更できます。</p> <p>ただし、巡航ミサイルモード有効時には加速度の出力値は 0 となります。</p>
出力間隔指定数値ボックス	<p>シミュレーション結果を結果出力ボタンで CSV ファイルとして出力する場合の時間間隔を指定します。ただし、シミュレーション終了時の結果についてはこの数値ボックスで指定した値に関係なく出力されます。</p>

項目	内容																				
操作方法ボタン	<p>シミュレーションで使用するキーボードのキー操作について簡易的なリファレンスを表示します。なお、リファレンス表示中もシミュレーション画面の操作は可能です。</p> <div> <div>MDSimulator12 - 操作方法</div> <table> <tr> <td>A D</td><td>「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、注視点を中心としてカメラを左右方向に回転移動させる※1 「注視点の位置」に「任意回転(カメラ中心)」を選択時、カメラを中心として注視点を左右方向に回転移動させる</td></tr> <tr> <td>W S</td><td>「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、注視点を中心としてカメラを上下方向に回転移動させる 「注視点の位置」に「任意回転(カメラ中心)」を選択時、カメラを中心に注視点を上下方向に回転移動させる</td></tr> <tr> <td>F H</td><td>「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を緯線に沿って東西方向に移動させる※1 「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を中心としてカメラを左右方向に回転移動させる※2</td></tr> <tr> <td>T G</td><td>「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を経線に沿って南北に移動させる※1 「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を画面奥又は手前方向に移動させる※2</td></tr> <tr> <td>F11 F12</td><td>「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、カメラから注視点までの距離を変更する</td></tr> <tr> <td>スペースキー</td><td>迎撃ミサイルを発射する※3</td></tr> <tr> <td>カーソルキー</td><td>標的ミサイルの針路変更※4 ※5</td></tr> <tr> <td>B N</td><td>標的ミサイルの加減速※4 ※5</td></tr> <tr> <td>P</td><td>シミュレーションの一時停止/再開</td></tr> <tr> <td>右クリック※6</td><td>距離・方位測定モードの開始/サブメニューの表示</td></tr> </table> <div> ※1:「注視点(地表)の移動方向」に「経緯線基準」を選択時のみ ※2:「注視点(地表)の移動方向」に「画面奥基準」を選択時のみ ※3:迎撃ミサイルの発射モードに「マニュアル」を選択し、かつ迎撃ミサイルが発射可能な時のみ ※4:標的ミサイルに「トーポリ M」又は「カスタム」を選択し、かつ飛翔フェイズが「ブーストフェイズ」の時のみ(「トーポリ M」は減速不可) ※5:迎撃ミサイルモードがOFFの時のみ。標的ミサイルのブースター燃焼中は無効 ※6:シミュレーション表示エリア上のみ </div> </div>	A D	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、注視点を中心としてカメラを左右方向に回転移動させる※1 「注視点の位置」に「任意回転(カメラ中心)」を選択時、カメラを中心として注視点を左右方向に回転移動させる	W S	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、注視点を中心としてカメラを上下方向に回転移動させる 「注視点の位置」に「任意回転(カメラ中心)」を選択時、カメラを中心に注視点を上下方向に回転移動させる	F H	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を緯線に沿って東西方向に移動させる※1 「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を中心としてカメラを左右方向に回転移動させる※2	T G	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を経線に沿って南北に移動させる※1 「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を画面奥又は手前方向に移動させる※2	F11 F12	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、カメラから注視点までの距離を変更する	スペースキー	迎撃ミサイルを発射する※3	カーソルキー	標的ミサイルの針路変更※4 ※5	B N	標的ミサイルの加減速※4 ※5	P	シミュレーションの一時停止/再開	右クリック※6	距離・方位測定モードの開始/サブメニューの表示
A D	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、注視点を中心としてカメラを左右方向に回転移動させる※1 「注視点の位置」に「任意回転(カメラ中心)」を選択時、カメラを中心として注視点を左右方向に回転移動させる																				
W S	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、注視点を中心としてカメラを上下方向に回転移動させる 「注視点の位置」に「任意回転(カメラ中心)」を選択時、カメラを中心に注視点を上下方向に回転移動させる																				
F H	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を緯線に沿って東西方向に移動させる※1 「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を中心としてカメラを左右方向に回転移動させる※2																				
T G	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を経線に沿って南北に移動させる※1 「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択し、かつ「注視点の位置」に「地表」を選択時、注視点を画面奥又は手前方向に移動させる※2																				
F11 F12	「カメラの位置」に「任意回転(注視点中心)」を選択時、カメラから注視点までの距離を変更する																				
スペースキー	迎撃ミサイルを発射する※3																				
カーソルキー	標的ミサイルの針路変更※4 ※5																				
B N	標的ミサイルの加減速※4 ※5																				
P	シミュレーションの一時停止/再開																				
右クリック※6	距離・方位測定モードの開始/サブメニューの表示																				

5-2-5 標的ミサイルの操作について

初期設定画面において、標的ミサイルのタイプに「カスタム」を選択し、標的ミサイルの設定値のうち「サイドスラスタ加速度(G)」、「弾頭の加速度(G)」、「弾頭の減速度(G)」の各数値ボックスに 0 より大きな値を指定した場合、標的ミサイルはキーボード操作により針路を調整したり、加速又は減速を行ったりすることができるようになります。ただし、ブーストフェイズにおいて発射直後でブースターが燃焼している段階及び巡航ミサイルモード有効時にはこれらの操作はできません。

また、標的ミサイルのタイプに「トーポリ M」を選択した場合も同様に軌道変更が可能です。ただし、トーポリ M で実行できるのは針路調整と加速のみであり、減速することはできません。



5-2-6 距離・方位測定モードについて

シミュレーション画面では、シミュレーション表示エリアまたは情報表示エリア上で右クリックすることによりサブメニューが表示され、そこで「距離・方位測定モード開始」をクリックすることで、ミニマップと同様に距離・方位測定モードを呼び出すことができます。



距離・方位測定モードの使い方はミニマップの場合とほぼ同じです(P25 参照)が、始点及び終点に指定できるオブジェクトが増えています。ただし、ミニマップとは異なり、リセットモード時にオブジェクトを終点に配置することはできません。また、測定結果はシミュレーション表示エリアの左下に表示されます。

以下に、距離・測定モード時のサブメニューの各項目について説明します。

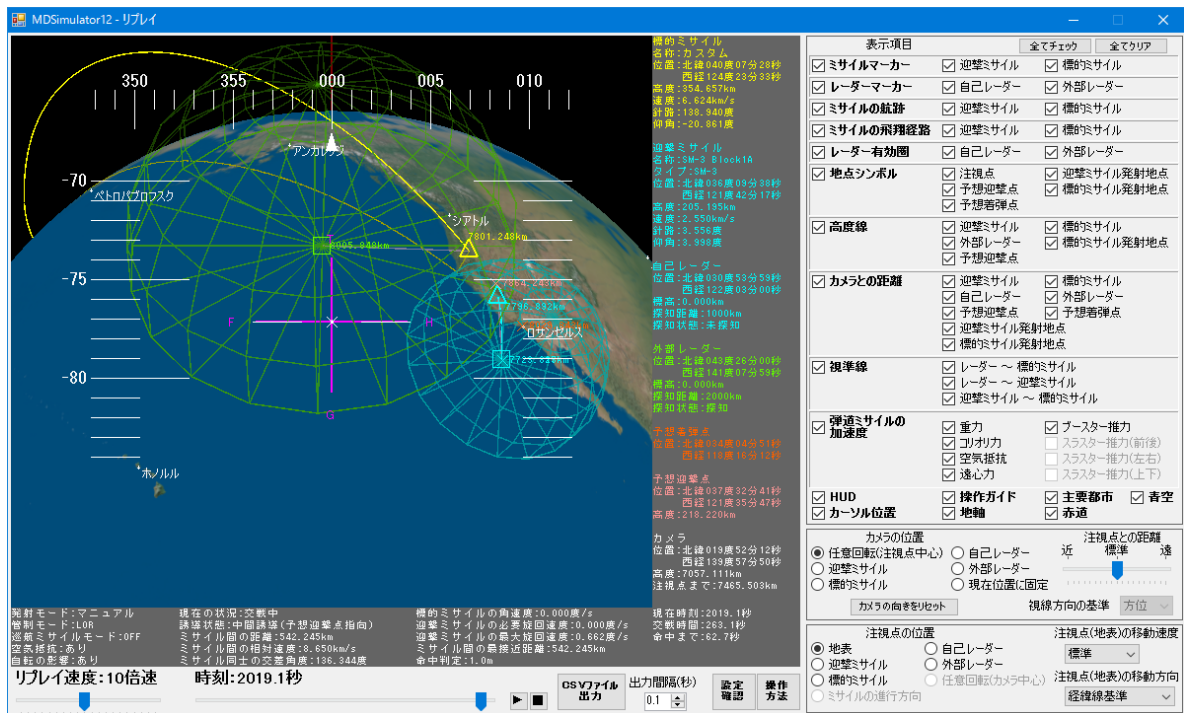
項目		内容
始点指定モード	迎撃ミサイルの位置を始点にする	迎撃ミサイルの現在位置の直下にあたる地表を始点に指定します。迎撃ミサイルが飛翔中で位置が変わる場合、それに伴って始点の位置も変更されます。
	標的ミサイルの位置を始点にする	標的ミサイルの現在位置の直下にあたる地表を始点に指定します。標的ミサイルが飛翔中で位置が変わる場合、それに伴って始点の位置も変更されます。
	自己レーダーの位置を始点にする	自己レーダーの位置を始点に指定します。
	外部レーダーの位置を始点にする	外部レーダーが配置されている地点を始点に指定します。外部レーダーが空中に配置されている場合、その直下の地表が指定されます。ただし、迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」に指定されている場合、本項目はグレースアウト表示され選択できません。
	迎撃ミサイルの発射地点を始点にする	シミュレーション開始時に迎撃ミサイルが配置されていた地点を始点に指定します。
	標的ミサイルの発射地点を始点にする	シミュレーション開始時に標的ミサイルが配置されていた地点を始点に指定します。標的ミサイルが空中に配置されていた場合、その直下の地表が指定されます。

項目		内容
	標的ミサイルの着弾点を始点にする	標的ミサイルの予想着弾点を始点に指定します。シミュレーションの経過に伴って予想着弾点が移動する場合、それに伴って始点の位置も変更されます。ただし、巡航ミサイルモード有効時や標的ミサイルが現在時刻から 10000 秒以内に着弾しないと予想され予想着弾点が表示されていない場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
	距離・方位測定モード終了	距離・方位測定モードを終了します。
終 点 指 定 モード	迎撃ミサイルの位置を終点にする	迎撃ミサイルの現在位置の直下にあたる地表を終点に指定します。迎撃ミサイルが飛翔中で位置が変わる場合、それに伴って終点の位置も変更されます。
	標的ミサイルの位置を終点にする	標的ミサイルの現在位置の直下にあたる地表を終点に指定します。標的ミサイルが飛翔中で位置が変わる場合、それに伴って終点の位置も変更されます。
	自己レーダーの位置を終点にする	自己レーダーの位置を終点に指定します。
	外部レーダーの位置を終点にする	外部レーダーが配置されている地点を終点に指定します。外部レーダーが空中に配置されている場合、その直下の地表が指定されます。ただし、迎撃ミサイルの管制モードが「直接管制」に指定されている場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
	迎撃ミサイルの発射地点を終点にする	シミュレーション開始時に迎撃ミサイルが配置されていた地点を終点に指定します。
	標的ミサイルの発射地点を終点にする	シミュレーション開始時に標的ミサイルが配置されていた地点を終点に指定します。標的ミサイルが空中に配置されていた場合、その直下の地表が指定されます。
	標的ミサイルの着弾点を終点にする	標的ミサイルの予想着弾点を終点に指定します。シミュレーションの経過に伴って予想着弾点が移動する場合、それに伴って終点の位置も変更されます。ただし、巡航ミサイルモード有効時や標的ミサイルが現在時刻から 10000 秒以内に着弾しないと予想され予想着弾点が表示されていない場合、本項目はグレイアウト表示され選択できません。
	距離・方位測定モード終了	距離・方位測定モードを終了します。

項目		内容
リセットモード	距離・方位測定モード終了	距離・方位測定モードを終了します。

5-3 リプレイ

初期設定画面の「リプレイ開始」ボタンをクリックするとファイルを開くためのダイアログボックスが表示されます。ここでリプレイファイル(*.ms12)を指定して「開く」をクリックすると、次のリプレイ画面が表示されます。



リプレイ画面は基本的にはシミュレーション画面と同じ外観及び機能を持っていますが、コントロールエリアのみシミュレーション画面と異なっています。以下に、シミュレーション画面と異なる項目について説明します。

項目	内容
シークバー 時刻:2019.1秒	スライダーを移動させることにより、リプレイ中にタイムシークを行うことができます。シークバー上部には現在時刻が表示されます。
一時停止/再開ボタン 停止ボタン	左側の一時停止/再開ボタンではシミュレーションを開始/一時停止/再開することができます。初期状態ではリプレイは一時停止状態になっているため、このボタンをクリックしてリプレイを開始します。また、キーボードの「P」キーを押した場合も本ボタンをクリックしたのと同様の動作となります。

1. SM-3 Block1A(SM-3 タイプ)

イージス艦から発射される迎撃ミサイルで、大気圏外の弾道ミサイルをミッドコース段階において迎撃する役割を持ちます。3 段式で、発射後ブースターにより約 3km/s に加速して大気圏外まで上昇し、赤外線画像シーカーを備えたキネティック弾頭がコースを修正しつつ目標を直撃して破壊します。ノドン級の MRBM に対して高い対処能力を持ち、限定的ながら射程 3000km 以上の IRBM にも対処できる性能があります。赤外線シーカーが 70km 以上の高度でなければ作動しないため、低高度の弾道ミサイルには対処できません。

2. SM-3 Block2A(SM-3 タイプ)

SM-3 Block1A の次世代型となる大気圏外用の迎撃ミサイルです。ブースターを強化して最終速度を増大させ、キネティック弾頭の針路変更能力を増すことにより Block1A から対処能力が大きく向上したため IRBM に有効に対処できるとともに、ICBM にも限定的ながら対処可能となっています。2017 年に入って MRBM 標的に対して 2 回の迎撃実験が行われ、うち 1 回の実験で迎撃に成功しています。赤外線シーカーを用いるため、Block1A と同様に低高度の弾道ミサイルには対処できません。

3. GBI(SM-3 タイプ)

アメリカが本土に飛来する ICBM を迎撃するために実戦配備している地上発射型迎撃ミサイルです。SM-3 よりも大型のブースターにより 6km/s 以上の最終速度を達成したため到達高度が非常に大きく、大気圏外を飛行中の ICBM を迎撃できる能力を持っており、2017 年に ICBM を標的とした迎撃実験に成功しました。SM-3 と同様、低高度の弾道ミサイルには対処できません。

4. THAAD(THAAD タイプ)

大気圏上層部でターミナルフェイズの弾道ミサイルを迎撃するための地上発射型迎撃ミサイルです。SM-3 とは異なり、キネティック弾頭を放出せず弾体がそのまま目標に命中します。2017 年 8 月時点で 15 回の迎撃実験が行われ全て成功という非常に優秀な成績を残しており、2017 年には初めて IRBM 標的の迎撃にも成功しています。赤外線シーカーの動作可能高度が 40km と低いので、SM-3 や GBI では低すぎて対処できない大気圏上層部の目標も迎撃できます。

5. PAC-3(PAC-3 タイプ)

着弾寸前の弾道ミサイルを大気圏下層部で迎撃するための地上発射型迎撃ミサイルです。最終速度はマッハ 5(秒速 1.7km)程度でカバー範囲も広くはありませんが、アクティブ・レーダーを用いるため高度を問わず目標に対処することができます。MDS12 に登場する迎撃ミサイルでは唯一実戦に投入され、短距離弾道ミサイルを撃墜する戦果を挙げています。

次に、これら 5 種類の迎撃ミサイルについてパラメータの一覧を示します。N/A となっている項目については、その項目は該当する迎撃ミサイルでは意味がないため設定されていないことを示します。

項目	SM-3 Block1A	SM-3 Block2A	GBI	THAAD	PAC-3
タイプ	SM-3	SM-3	SM-3	THAAD	PAC-3
ミサイルの直径(cm)	34	53	127	37	25
ミサイルの質量(kg)	1500	2000	12700	900	320
ミサイルの抗力係数	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ブースターの加速度(G)	5.0	5.5	3.2	5.0	15.0
ブースター燃焼時間(秒)	70	9.5	240	50	12
無誘導フェイズ(秒)	5	5	10	3	1
加速中の最大旋回 G	5.0	5.0	4.0	5.0	20.0
慣性飛行中の最大旋回 G	3.0	3.0	3.0	3.0	10.0
キネティック弾頭の最大旋回 G	2.0	3.0	2.0	N/A	N/A
シーカーの探知可能距離(km)	300	300	300	300	20
シーカーの視野(度)	90	90	90	90	90
赤外線シーカーの作動可能高度(km)	70	70	70	40	N/A
発射角度(度)	90	90	90	60	45
航法定数	30	30	30	20	10
比例航法時の制御遅延(ミリ秒)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
比例航法時の目標検出間隔(ミリ秒)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

6-2 弾道ミサイル

ここでは、標的ミサイルのうち弾道ミサイルについて解説します。

1. スカッド B

旧ソ連が開発した射程 300km 級の SRBM です。湾岸戦争等で実戦に使用されるとともに、現在世界各国に拡散している弾道ミサイルのベースとなりました。

2. アル・フセイン

イラクがスカッド B を独自に改良し射程を 600km に伸ばした SRBM です。スカッド B 同様に湾岸戦争で実戦に使用されています。

3. ノドン

北朝鮮が開発した射程 1300km の MRBM で、日本の大半を射程におさめています。移動式発射機から発射されるため事前に発射の兆候を掴みにくく、日本にとっては脅威の高い弾道ミサイルです。

4. テポドン 1

北朝鮮が開発した射程 2000km 級の MRBM です。1998 年に発射実験が行われて日本の領土上空を通過したことで、日本がミサイル防衛を推進するきっかけとなりました。

5. ムスダン

北朝鮮が開発したとされる射程 4000km 級の IRBM です。発射実験が行われたものの結果は芳しくなく、今後は火星シリーズに代替されるのではないかと考えられます。

6. トライデント C4

アメリカが開発した SLBM です。7000km を超える最大射程を持っており、これは初期型の ICBM に匹敵します。現在ではトライデント D5 に代替されましたが、このミサイルを改造したものがミサイル防衛における迎撃実験の標的用ミサイルとして用いられており、2011 年には SM-3 Block1A がこのトライデント改造型ミサイルを迎撃することに成功しました。

7. トーポリ M

ロシアが保有する ICBM で、1 万 km を超える射程を誇り、7km/s 以上の超高速で落下してきます。ミッドコースフェイズにおいて軌道変更能力を持つとされ、MDS12 でもこれを反映して若干の軌道変更が可能となっています(減速は不可)。

次に、MDS12 における各弾道ミサイルのパラメーター一覧を示します。N/A となっている項目については、その項目は該当する弾道ミサイルでは意味がないため設定されていないことを示します。

項目	スカッド B	アル・フセイン	ノドン	テポドン 1
ミサイルの直径(cm)	88	88	135	132
ミサイルの質量(kg)	5900	7000	1500	1500
ミサイルの抗力係数	0.1	0.1	0.1	0.1
ブースターの加速度(G)	4.0	3.8	3.5	3.3
ブースター燃焼時間(秒)	53	77	121	156
サイドスラスター加速度(G)	N/A	N/A	N/A	N/A
弾頭の加速度(G)	N/A	N/A	N/A	N/A
弾頭の減速度(G)	N/A	N/A	N/A	N/A
最大射程(km)※	312	602	1310	2015
最大射程時の頂点高度(km)※	90	171	358	531
最大射程時の発射角度(度)※	14.4	13.2	10.7	8.2
最大射程時の飛翔時間(秒)※	305	430	664	849

項目	ムスダン	トライデント C4	トーポリ M
ミサイルの直径(cm)	150	60	134
ミサイルの質量(kg)	1500	164	1200
ミサイルの抗力係数	0.1	0.1	0.1
ブースターの加速度(G)	3.0	2.9	2.6
ブースター燃焼時間(秒)	229	290	360
サイドスラスター加速度(G)	N/A	N/A	0.1
弾頭の加速度(G)	N/A	N/A	0.5
弾頭の減速度(G)	N/A	N/A	N/A
最大射程(km)※	4071	7579	11444
最大射程時の頂点高度(km)※	956	1450	1532
最大射程時の発射角度(度)※	1.0	-11.2	-23.8
最大射程時の飛翔時間(秒)※	1310	1980	2557

※：弾道ミサイルはコリオリの力の影響を受けるため、発射する地点及び方角が変わると他が同じ条件であっても弾道が変化します。ここでは、空気抵抗及び地球の自転の影響を受ける状態で、赤道上に配置し真東(90 度)に向けて発射した場合の値を表します。これらの値は初期設定画面における粗い計算による概算値のため、実際のシミュレーションでは若干の誤差を生じます。

7 謝辞

MDS12 の作成にあたり、以下の方々の Web サイトには大変お世話になりました。この場を借りてお礼申し上げます。

1. DX ライブラリ提供

山田 巧 様

<http://dxlib.o.oo7.jp/>

2. 地球モデルのテクスチャ提供

Natural Earth III 様

<http://www.shadedrelief.com/natural3/>

3. 大気圏内におけるミサイルの挙動についての解説

久保田 隆成 様

<http://kubota01.my.coocan.jp/>

4. コリオリの力についての数学的解説

EMAN 様

<http://eman-physics.net/>

8 連絡先及び免責事項

MDS12 に関するお問い合わせは以下までお願いします。

ゆのじ

E-mail: yunoji.md@gmail.com

MDS12 はフリーソフトウェアですのでご自由にお使いください。ただし、MDS12 を使用したことによって生じたすべての損害、不具合等に関して、私は一切の責任を負いませんのでご了承ください。