

核ミサイルを捕獲する防衛ミサイルとその軌道の検討

市吉 修

2018年11月17日

概要

先に筆者はICBMにより発射された核ミサイルを即時検知する衛星システム、数千kmの遠方から補足、追尾する遠隔RADARシステム、そして防衛ミサイルにより核ミサイルを捕獲し、宇宙空間で破壊もしくは発射元に返す核ミサイル防衛システムを提案した[1]。

上記論文においては殆ど未検討であった防衛ミサイルの構造と対象となる核ミサイルを捕獲するための軌道を検討し、基本的な構想を得たので報告する。

1. 攻撃ミサイルの検知と軌道予測

前述の論文で詳述した衛星及び遠隔レーダにより、核ミサイルの軌道を計算し、それが自国に到着する時刻と位置、速度を予測する事ができる。その予測に基づき、捕獲時刻と位置を決定し、防衛ミサイルを発射する。

2. 防衛ミサイルの要件と構造

防衛ミサイルはいつ何時でも発射可能でなくてはならない。そのためには固体燃料のロケットが望ましい。他方対象となる核ミサイルを捕獲するためには防衛ミサイルは推力の制御が可能な事が必要であり、そのためには液体燃料ロケットが必要である。

ここでは初段に強力な固体燃料ロケットを有し、十分な高度まで防衛ミサイルを運ぶと共に、二段目には柔軟な推力制御が可能な液体燃料ロケットを備えるものを想定する。またロケットの姿勢制御と地上の司令部との通信は常に可能であるものとする。

3. 核ミサイル防衛の手順

以下の手順で核ミサイル防衛を行う。

(1) 軌道計算と捕獲時空点の算出

遠隔レーダシステムにより核ミサイルの軌道を観測し、それが自国に向けられている事を検出すると、それを捕獲すべき時刻 t_f 、位置 \mathbf{R}_a 、その時の速度 \mathbf{V}_a を算出する。例えば自国領域からある程度離れた公海上に防衛線を予定しておけばそれらは自動的に算出できる。以下の記述においては飛翔体の位置及び速度は地球の中心を原点とし地表では緯度、経度に一致する球座標系を用いる事とする。

(2) 防衛ミサイルの発射時刻 t_0 、発射基地の座標 vector を $\mathbf{r}_m(t_0)$ 、初段ロケットの切り離し時刻(t_1)とその位置ベクトルを $\mathbf{r}_m(t_1)$ 、速度ベクトルを $\mathbf{v}(t_1)$ 、核弾頭の捕獲時刻 t_f 、方向を反転して速度を $\mathbf{0}$ にする時刻 t_b とその位置ベクトルを $\mathbf{r}_j(t_b)$ 、核弾頭を発射元に返す時刻 t_r 等を含む目標値を算出して防衛ミサイル基地に司令を出す。

4. 核ミサイル防衛の諸段階

[1] 初段ロケットによる上昇段階 $t_0 < t < t_1$

初段ロケットの持続時間を T_i とすると

$$t_1 = t_0 + T_i$$

防衛ミサイルの加速度 a_m , エンジン推力 f , 総質量を M とすると

$$a_m = f/M - g$$

但し g は重力加速度であり常に地球の中心に向かうベクトルである。

速度は加速度の積分であるから

$$v_m(t_1) = a_m \cdot (t_1 - t_0) = a_m \cdot T_i$$

同様に位置は

$$r_m(t_1) = r_m(t_0) + a_m \cdot T_i^2 / 2$$

この過程で消費されるエネルギー E は

$$\begin{aligned} E_1 &= [t_0, t_1] \int f \cdot v(t) dt \\ &= M(a_m + g) \cdot a_m \cdot T_i^2 / 2 \end{aligned}$$

[2] 核弾頭の捕獲に到る段階

この間の加速度ベクトルを a_m' とすると

速度について

$$v_m(t_f) = v_m(t_1) + a_m' \cdot (t_f - t_1) = V_a$$

同様に位置については

$$r_m(t_f) = r_m(t_1) + a_m' \cdot (t_f - t_1)^2 / 2 = R_a$$

以上より加速度 a_m 及び a_m' が以下のように求まる。

$$\begin{aligned} a_m' &= \{ 2(R_a - r_m(t_0)) - V_a \cdot T_i \} / \{ (t_f - t_0 - T_i) \cdot (t_f - t_0 - 2T_i) \} \\ a_m &= \{ V_a \cdot (t_f - t_0 - T_i) - 2(R_a - r_m(t_0)) \} / \{ T_i \cdot (t_f - t_0 - 2T_i) \} \end{aligned}$$

この過程で設定されるミサイルのエンジン推力 f' , 質量 M' とすると

$$f' / M' - g = a_m'$$

であるからこの過程で消費するエネルギーは

$$\begin{aligned} E_2 &= [t_1, t_f] \int M' (a_m' + g) \cdot (v(t_1) + a_m'(t - t_1)) dt \\ &= M' \cdot (a_m' + g) \cdot (t_f - t_0 - T_i) \cdot \{ a_m \cdot T_i + a_m' (t_f - t_0 - T_i) / 2 \} \end{aligned}$$

[3] 核ミサイルを捕獲して反転加速して速度を 0 にする段階 $t_f < t < t_b$

この間の加速度を b とすると

速度について

$$V_a + b \cdot (t_b - t_f) = 0$$

位置について

$$r_j(t_b) = R_a + V_a(t_b - t_f)$$

ミサイルの推力を f'' , 捕獲した核弾頭も含めた質量を M'' とすると

$$f'' / M'' - g = b$$

この過程で消費するエネルギーは

$$\begin{aligned} E3 &= [t_f, t_b] \int f''; v(t) dt \\ &= M'' \cdot V_a \cdot (g \cdot (t_b - t_f) - V_a) \end{aligned}$$

[4] 核弾頭を発射元に返す段階 $t_b < t < t_r$

発射元の座標ベクトルを R_s 、核弾頭とミサイルの合計質量を M''' 、ミサイル推力を f''' 、全体の加速度を b' とすると

$$\begin{aligned} R_s &= r_j(t_b) + b' \cdot (t_r - t_b)^2 / 2 \\ f''' / M''' - g &= b' \end{aligned}$$

ここで $r_j(t_b)$ から R_s に到る経路を見ると

$$R_s - r_j(t_b) = f''' / M''' \cdot (t_r - t_b)^2 / 2 - g \cdot (t_r - t_b)^2 / 2$$

上の第二項は重力による自然落下である。従ってミサイルは水平方向の力のみ出せば良い事が分かる。

この過程で消費するエネルギーは

$$\begin{aligned} E4 &= [t_b, t_r] \int f''' \cdot b' \cdot t \cdot dt \\ &= M''' (R_s - r_j(t_b)) \cdot (g + 2(R_s - r_j(t_b)) / (t_r - t_b)^2) \end{aligned}$$

5. 結語

本稿により提案の核ミサイル捕獲システムの基礎検討はひとまず確立したと思う。

参考文献

[1] 信学技報、IEICE technical report, SANE2017-105 (2018-01)