

〈1〉北朝鮮の弾道ミサイル（続）

公益財団法人未来工学研究所 研究参与 西山 淳一

はじめに

2017年に入り、北朝鮮は昨年の23発の発射に引き続き、すでに19発の弾道ミサイルの発射を行っている（2017.9.30現在）。その発射内容はますます高度

化してきている。同時に弾頭となる核兵器の開発を進め今年9月には6度目の核実験を行った。

本稿では前回の記事¹の後の北朝鮮の弾道ミサイル発射について最新状況をまとめる。

表1 2017年北朝鮮弾道ミサイル発射（2017年9月30日現在）

日付*1	ミサイル発射	発数	発射場所	説明
2017.02.12	KN-15（北極星-2）	1	西岸・亀城（クソン）	距離：約500 km、最高高度：575 km 固体燃料ロケット SLBM KN-11地上型？
2017.03.06	スカッドER*2	4	西岸・東倉里（トンチャンリ）付近	約1,000 km
2017.03.22	弾道ミサイル	1	元山（ウォンサン）	発射直後に失敗
2017.04.05	KN-17 （HS-12／火星-12）	1	東岸・新浦（シンポ）付近	水平距離：約60 km、高度：約189 km(NHKニュース) 失敗？（日経新聞）
2017.04.16	KN-17（HS-12／火星-12）	1	北倉（プクチャン）	失敗？
2017.04.29	KN-17（HS-12／火星-12）	1	北倉（プクチャン）	失敗？
2017.05.14	KN-17（HS-12／火星-12）	1	西岸・亀城（クソン）	距離：787 km、最高高度：2,111 km
2017.05.21	KN-15（北極星-2）	1	北倉（プクチャン）	距離：約500 km 搭載カメラビデオあり
2017.05.29	KN-18 （MaRV*3 Scud Variant）	1	元山（ウォンサン）	距離：約400 km 誘導能力（？）
2017.07.04	KN-20（HS-14／火星-14）	1	西岸・亀城（クソン）	距離：約930 km、最高高度：2,800 km 飛しょう時間：40分
2017.07.28	KN-20（HS-14／火星-14）	1	舞坪里（ムピョンリ）	距離：998 km、最高高度：3,724 km 飛しょう時間：47分
2017.08.26	SRBM	3	旗対嶺（キツテリョン）	1発は失敗 距離：250 km、ロケット弾かも知れない
2017.08.29	KN-17（HS-12／火星-12）	1	順安（スナン）*4	距離：2,700 km、最高高度：550 km 飛しょう時間：17分
2017.09.15	KN-17（HS-12／火星-12）	1	順安（スナン）	距離：3,700 km、最高高度：800 km 飛しょう時間：約20分
	合計	19		

（出典）防衛省資料、Missilethreat.csis.org、NTI.org、GlobalSecurity.org、38 North、Space Launch Vehicles(独)等の情報を基に筆者作成

*1：日本時間

*2：ER: Extended Range 長射程型

*3：MaRV: Maneuvering Reentry Vehicle 機動式再突入体

*4：平壤国際空港の所在地

¹「北朝鮮の弾道ミサイル」CISTECジャーナル2017.1 No.167, p173

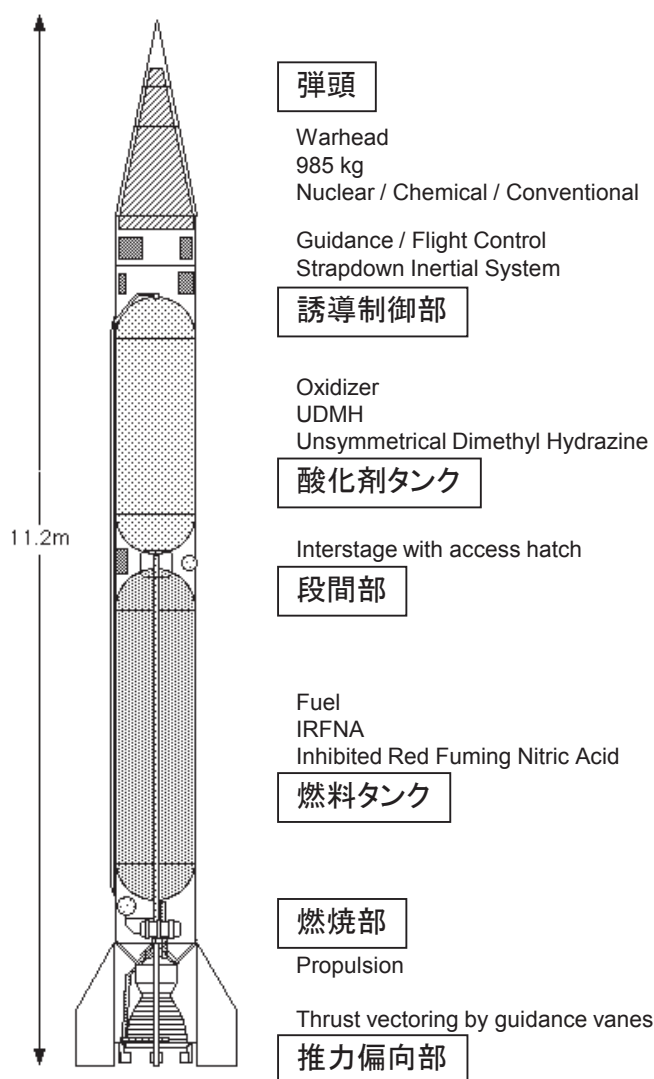
弾道ミサイルとは

弾道ミサイルはロケットエンジン燃焼終了（バーンアウト）時の速度が約2～7 km/secであり射程により異なってくる。打上げ速度を上げ約7.9km/sec以上の速度になると人工衛星打上げロケットになる。弾道ミサイルとロケットでは速度とペイロード（搭載物）が異なるが、機体構造、ロケットエンジン、誘導制御装置は基本的に同じである。

弾道ミサイルの基本的特性については前回の記事²ですでに述べてあるので省略するが、ここでは弾道ミサイルの基本的な構造についてスカッドミサイルを例にとり説明する（図1）。

スカッドミサイルはソ連が開発した短距離弾道ミサイル（SRBM）でドイツのV-2ミサイル³と基本的に同じ構造となっている。ロケットエンジンは液体燃料方式で、液体燃料タンクと酸化剤のタンクを有する。下部には燃料を燃焼させる燃焼部とノズル、その方向を制御するためのベーン（推力制御装置）が取り付けられている。燃料タンクの上部には誘導制御装置が搭載されており、慣性航法⁴により目標地点まで誘導される。さらに、その上の先端部分にはペイロードとしての弾頭が搭載されている。弾頭には通常弾頭と大量破壊兵器である生物兵器弾頭、化学弾頭、核弾頭がある。

弾道ミサイルの飛しょう経路は図2に示すようにロケットエンジン燃焼開始による発射から加速段階となり、加速段階の終了時には、ほぼ宇宙空間に到達する。この加速段階終了後に再突入体（弾頭）及び囷（デコイ）などの分離⁵が行われ、中間段階になる。中間段階では宇宙空間を飛しょうし、その後大気圏突入の終末段階へ移行し、着弾となる。北朝鮮から日本までの距離を1,300km⁶とするとその全体の飛しょう時間は10分程度である。再突入時には弾頭と一緒に囷となるデコイ及びロケットの破片など



（出典）R-17, Gunter's Space Page website <<http://www.astronautix.com/r/r-17.html>>に筆者加筆

図1 弾道ミサイルの構成（スカッドミサイルの例）

も同時に落下してくる。防御側としてはデコイなどがあると目標の識別はさらに難しくなる。

射程1,300kmの弾道ミサイルの燃焼終了（バーンアウト）速度は約3.4km/secであるので計算上音速の約10倍程度となるので弾道ミサイルの速度はマッハ約10⁷と言われることがある。燃焼終了速度が速

² 前掲脚注1

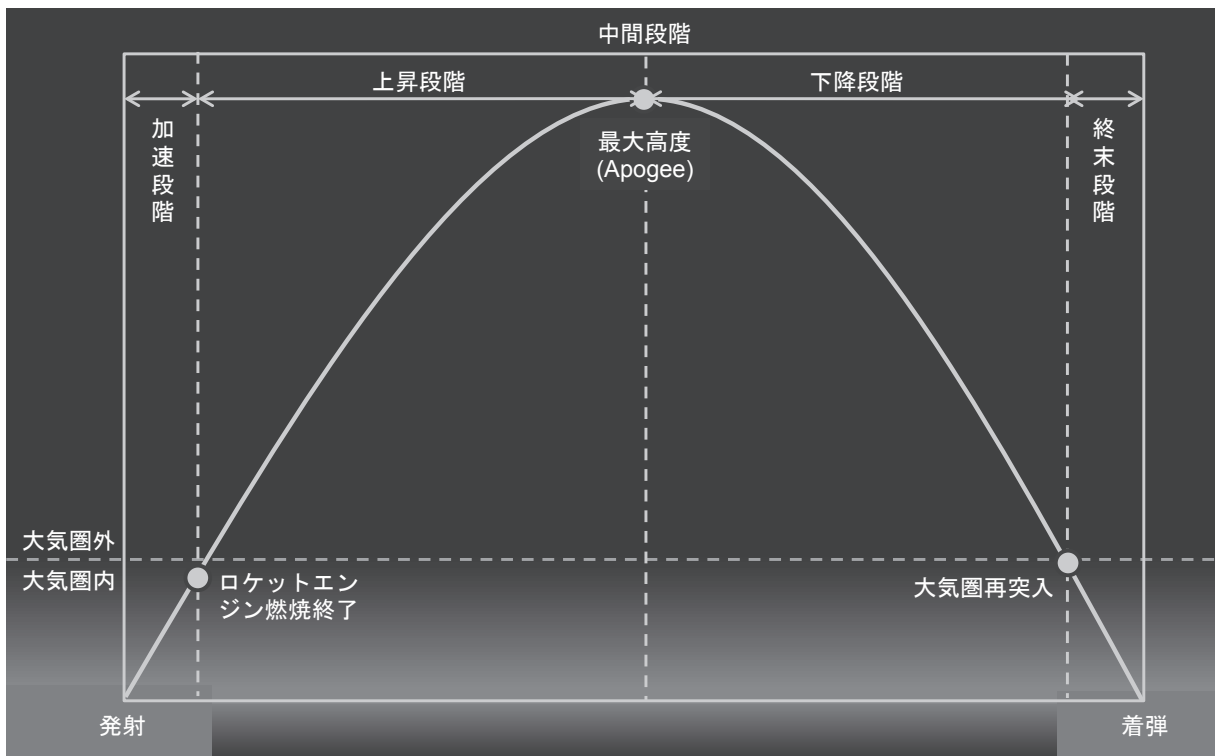
³ ドイツのヴェルナー・フォン・ブラウン（Wernher von Braun）（1912年 - 1977年）が開発した世界初の弾道ミサイル、JAXA ウェブサイト <http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/world_space_projects_20.html>

⁴ ジャイロにより角度、加速度計により移動中の加速度を測定し、積分計算によって速度・飛行距離を算出して自己の位置を求める航法方式

⁵ ミサイルにより異なる。スカッドの場合、弾頭分離は行われず、デコイも搭載していない。

⁶ 平壤から東京までの距離

⁷ 弾道ミサイルはほとんど空気のないところを飛ぶので厳密に言えば「マッハいくつ」という言い方は正しくないが、わかりやすい意味で使われている。



(出典) 筆者作成

図2 弾道ミサイル飛しょう経路

ければ遠くまで飛ぶので、この値は射程により変わる。燃焼終了後、ミサイルは上昇していくので最大高度（アポジー (apogee) という）に到達するまで、徐々に減速する。最大高度に到達後、下降が始まり、速度は増加するが、大気圏突入後は大気との摩擦により急激に減速し、落下速度は地表近くでは遅くなり、着弾に至る。

弾道ミサイル飛しょう経路

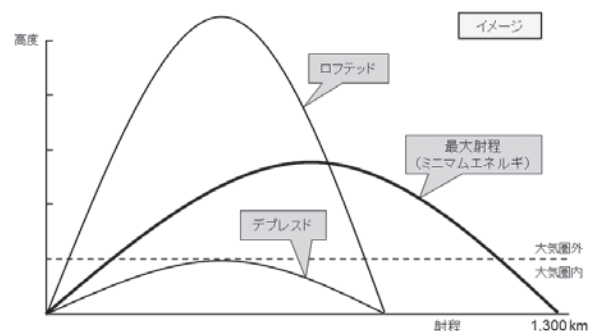
弾道ミサイルの飛しょう経路は最大距離を飛ぶことのできる最小（ミニマム）エネルギー経路が基本となる。打上げ角度を高くするのをロフテッド軌道と呼び、その場合は最小エネルギー軌道に比べて射程が短くなる。低い角度で発射するのをデプレッド軌道と呼び、同様に射程は短くなる。

ロフテッド軌道はゴルフでいう「てんぷら」であり、野球で言えば高いフライになる。低めに飛ばすのがデプレッド軌道であり、野球ではライナーに相当する。どちらも最小エネルギー経路よりは飛距離が短くなる。図3に弾道ミサイル飛しょう経路を、射程1,300kmを例として、イメージ図を示してある。同じミサイルでも発射角度により射程は変わるので

ある。つまり、同じ距離をロフテッドやデプレッドで飛ばそうとするとより速い速度のミサイルが必要ということになる。

実際の弾道ミサイル打ち上げは垂直に打ち上げるので、図3に示すように左右対称にはならないが、ロケットエンジン燃焼終了後の大部分の飛しょう経路は宇宙空間（真空中）となるので、空気の抵抗がなく弾道経路を飛ぶことになる。デプレッド経路の場合は全飛しょう経路が大気圏内と想定される。

弾道ミサイルの飛しょう経路の最高高度（アポジー）は射程により異なるが、最小エネルギー軌道の場合は1,300kmの距離の時は高度約250km程度である。ロフテッド軌道の場合はさらに高い高度とな



(出典) 筆者作成

図3 弾道ミサイル飛しょう経路