
砲弾の弾着シミュレーション

陸上装備研究所 弾道技術研究部 弾道・火薬研究室
防衛技官 一瀬 悠里

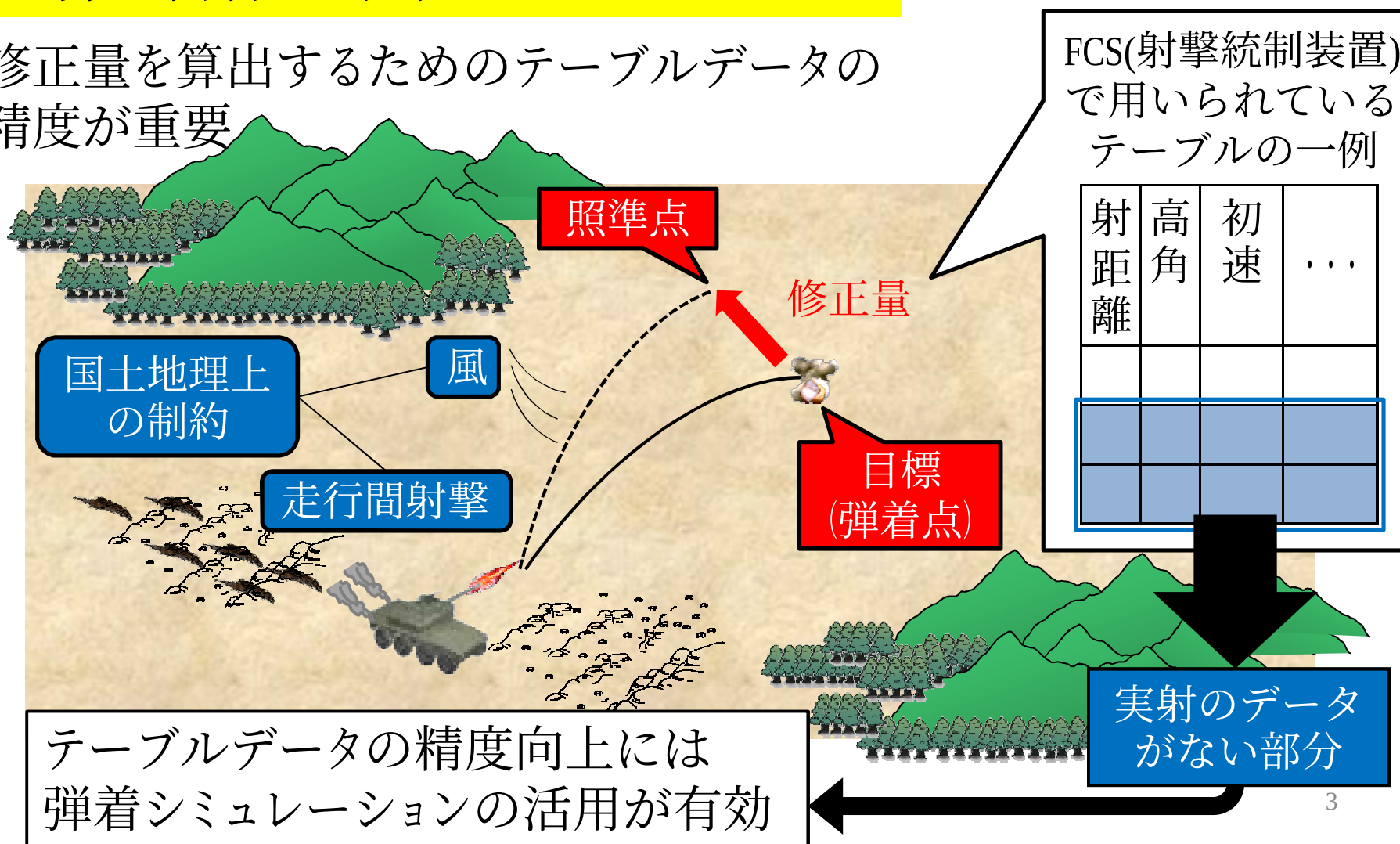
発表内容

1. 背景
2. 目的
3. 砲弾特有の飛しょう原理
4. 研究方法
5. 結果及び考察
6. まとめ

1. 背景 (1/2)

砲弾を目標に命中させるためには？

修正量を算出するためのテーブルデータの精度が重要



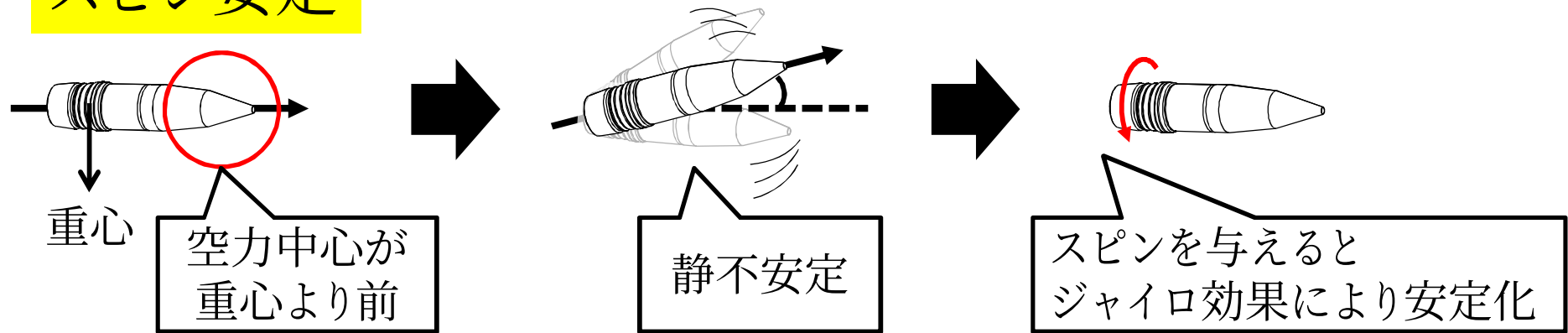
2. 本発表の目的

- 砲弾特有の飛しょう原理について説明する
- 高精度な砲外弾道計算が可能な弾道シミュレータを用いて、データ取得にあたり規制のある条件
 - ・ 風速が弾着へ及ぼす影響
 - ・ 車両速度が弾着へ及ぼす影響

について数値計算した結果について述べる

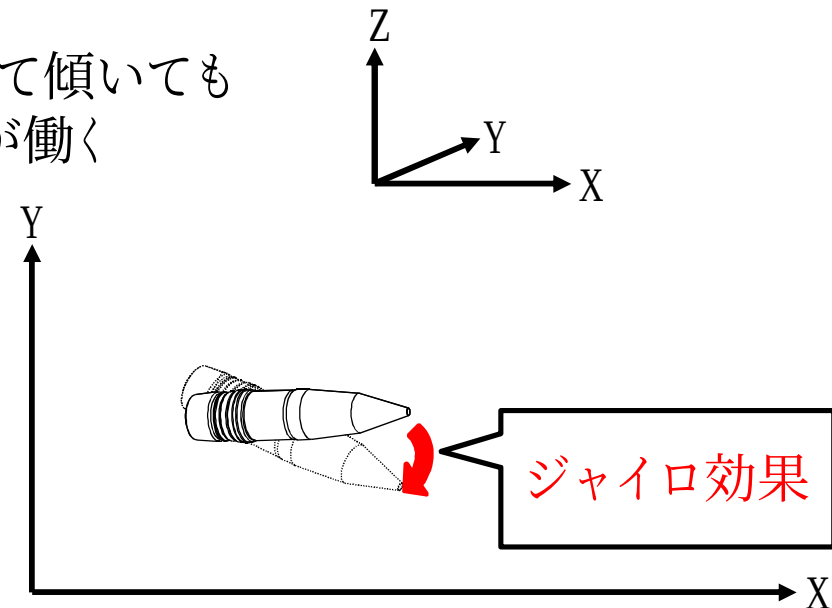
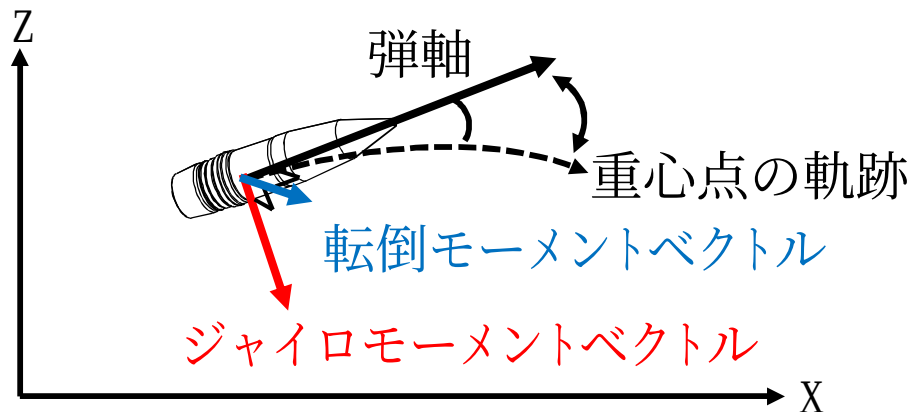
3. 砲弾特有の飛しょう原理 (1/2)

スピン安定



ジャイロ効果

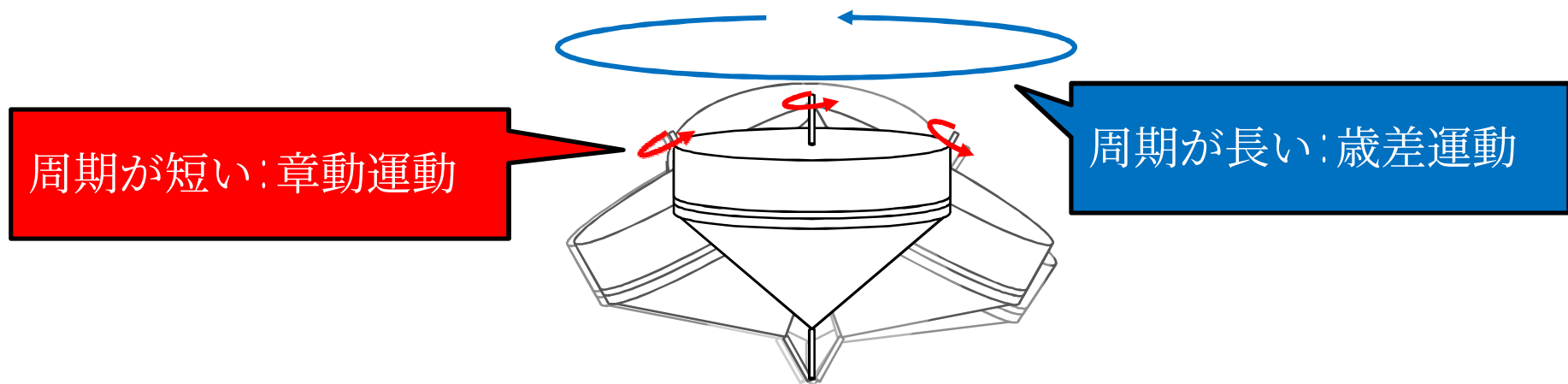
回転軸が外乱によって傾いても転倒しないように力が働く



3. 砲弾特有の飛しょう原理 (2/2)

歳差・章動運動

回転体の回転軸が、外乱によって長周期・短周期の成分を持って振動する運動

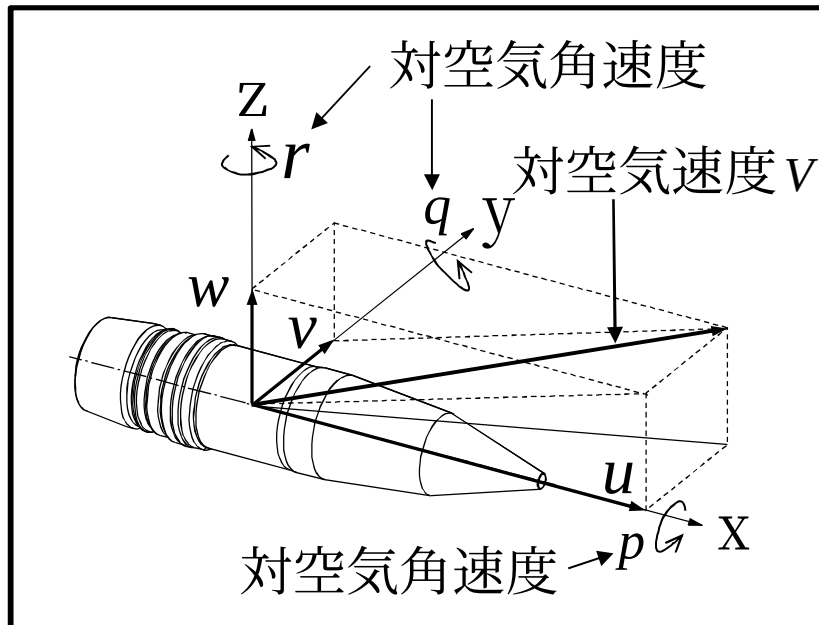


複雑な運動を模擬するためには… 砲弾特有の空力係数が必要

4. 研究方法 (1/2)

砲弾特有の空力係数算出方法

空気力定義座標系



力

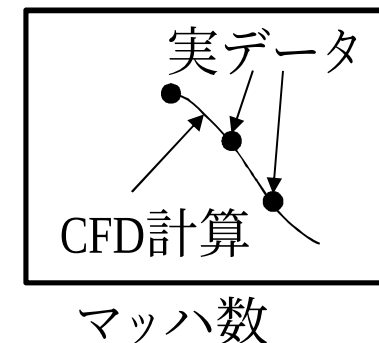
モーメント

スピンによる
砲弾特有の空力係数

$$\begin{aligned} F_x &= -\bar{q}AC_x \\ F_y &= \bar{q}A \left\{ -C_N \frac{v}{V} + \left(\frac{pd}{2V} \right) C_{yp} \frac{w}{V} \right\} \\ F_z &= \bar{q}A \left\{ -C_N \frac{w}{V} - \left(\frac{pd}{2V} \right) C_{yp} \frac{v}{V} \right\} \\ M_x &= \bar{q}Ad \left\{ -\left(\frac{pd}{2V} \right) C_{lp} \right\} \\ M_y &= \bar{q}Ad \left\{ C_m \frac{w}{V} + \left(\frac{pd}{2V} \right) C_{np} \frac{v}{V} + \left(\frac{pd}{2V} \right) C_{mq} \right\} \\ M_z &= \bar{q}Ad \left\{ -C_m \frac{v}{V} + \left(\frac{pd}{2V} \right) C_{np} \frac{w}{V} + \left(\frac{rd}{2V} \right) C_{mq} \right\} \end{aligned}$$

CFD (数値流体力学) 計算
により算出

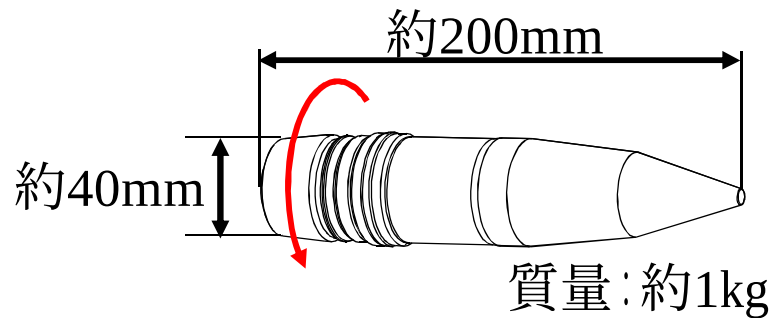
空力係数



4. 研究方法 (2/2)

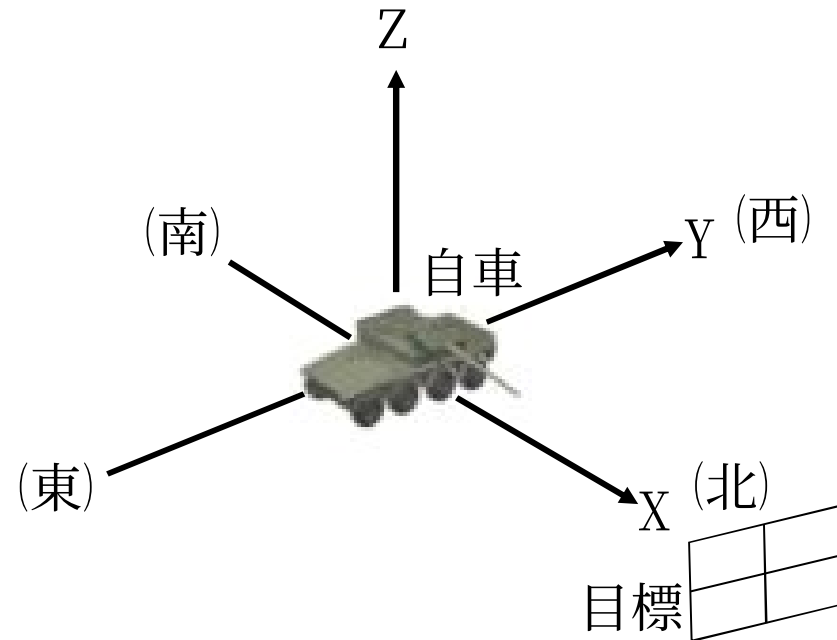
計算対象モデル

40mm右旋動弾



計算条件

初速[m/s]	970
射距離[m]	1000
射角[度]	0.5

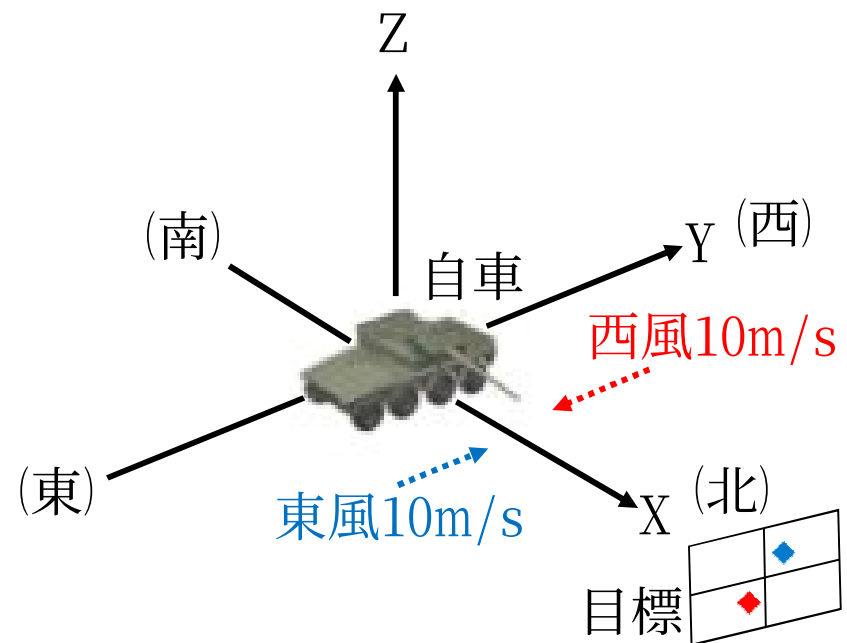
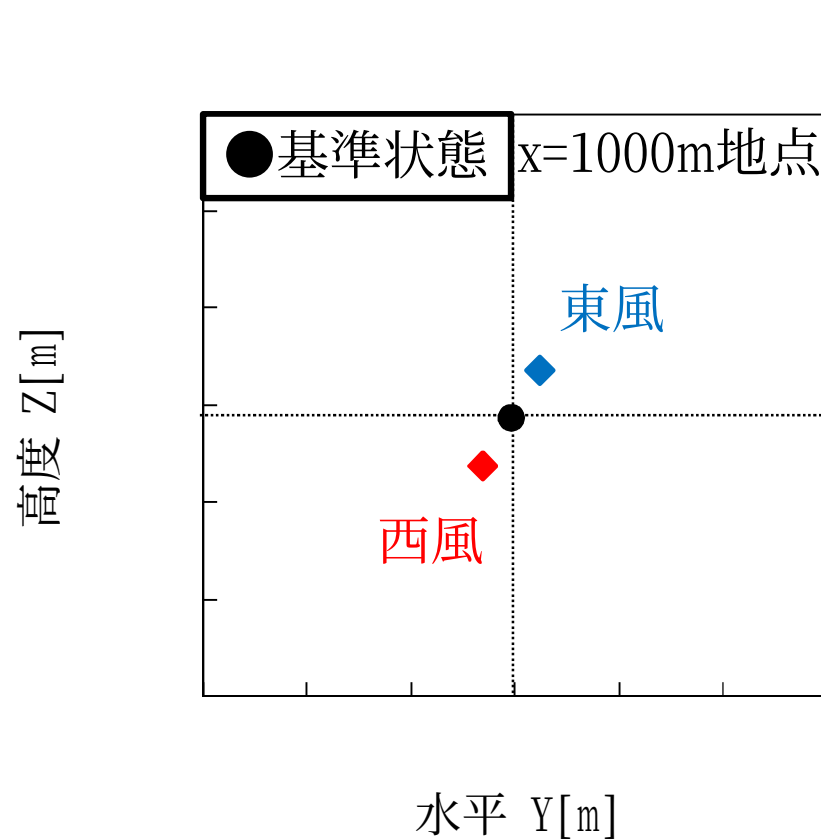


※砲塔は北向きとする

※車両移動方向と火砲移動方向は同一とする

5. 結果及び考察 (1/5)

風による弾着点への影響 (Y-Z平面)



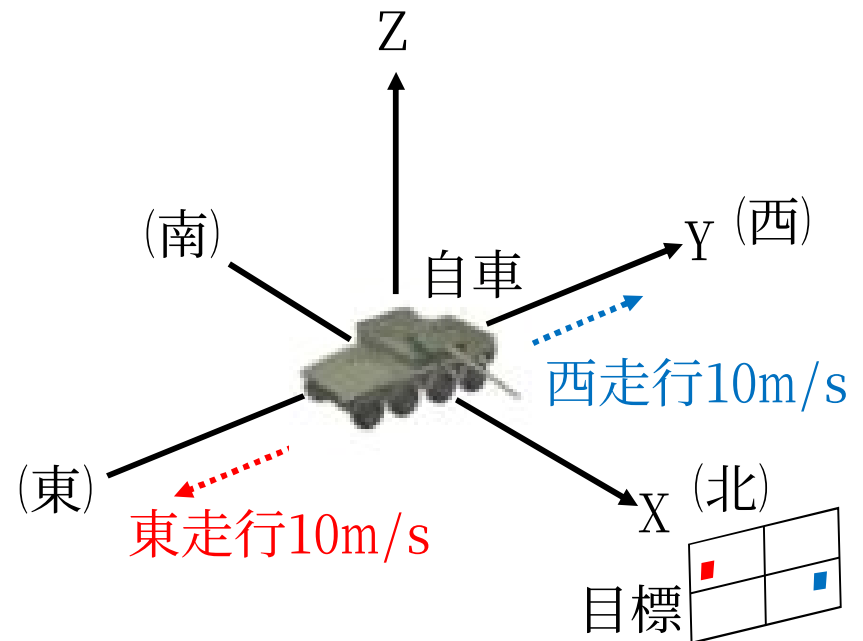
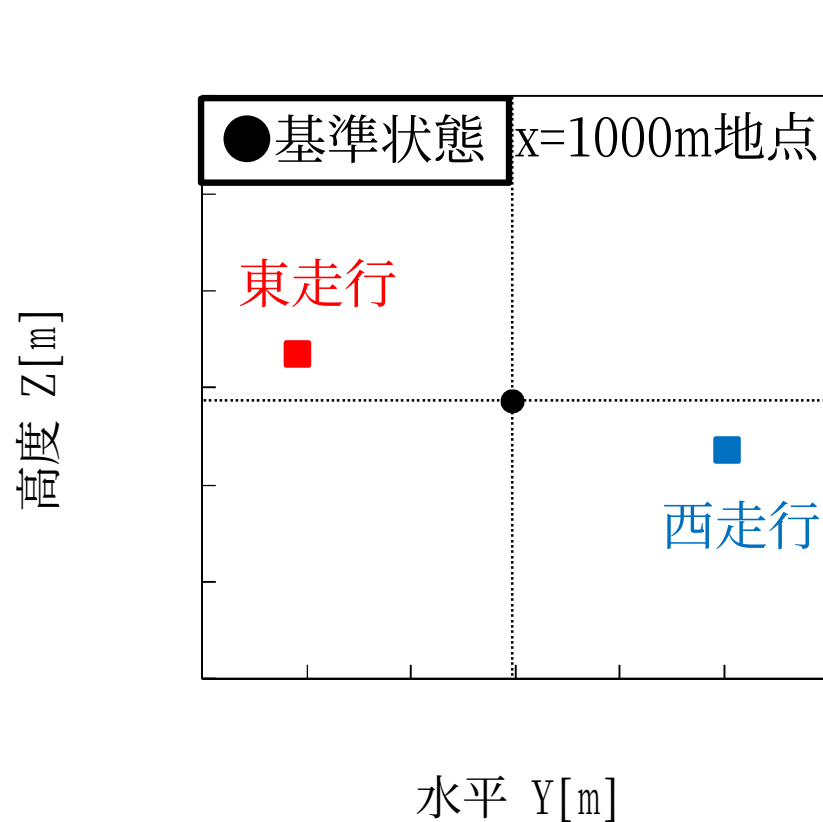
基準状態からのズレ

東風; $\Delta Y \rightarrow +$, $\Delta Z \rightarrow +$

西風; $\Delta Y \rightarrow -$, $\Delta Z \rightarrow -$

5. 結果及び考察 (2/5)

車両移動速度による弾着点への影響 (Y-Z平面)



基準状態からのズレ

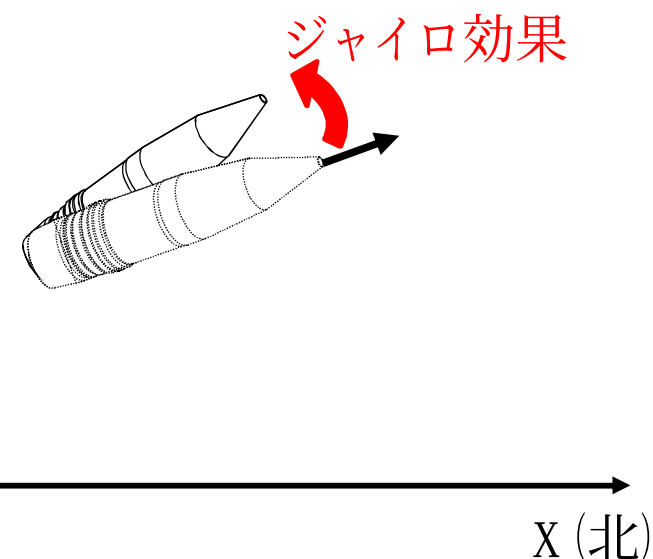
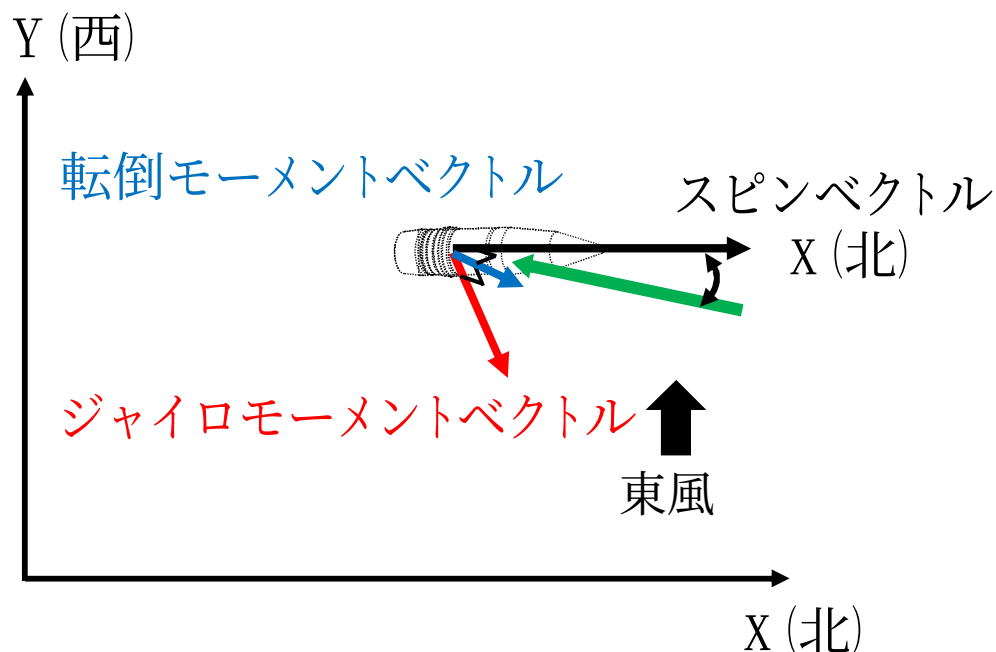
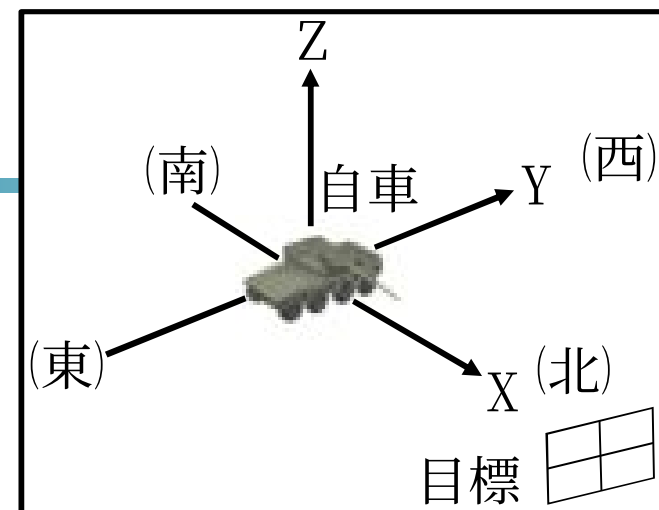
東走行; $\Delta Y \rightarrow -$, $\Delta Z \rightarrow +$

西走行; $\Delta Y \rightarrow +$, $\Delta Z \rightarrow -$

5. 結果及び考察 (3/5)

なぜZ軸方向の弾着点にズレが生じるのか？

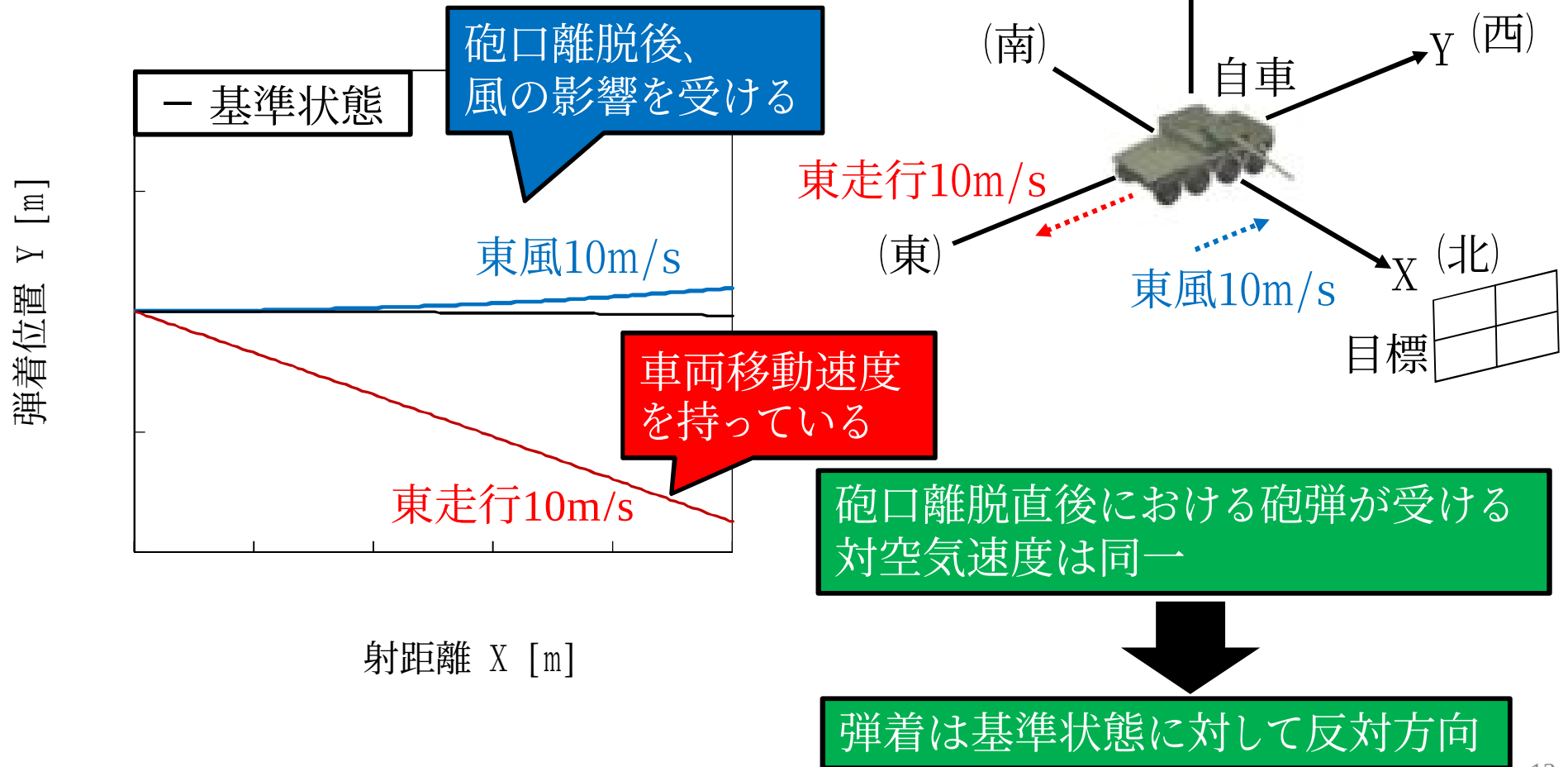
例) 東風の場合



砲弾はジャイロ効果によりZ軸正方向に弾着がズレる

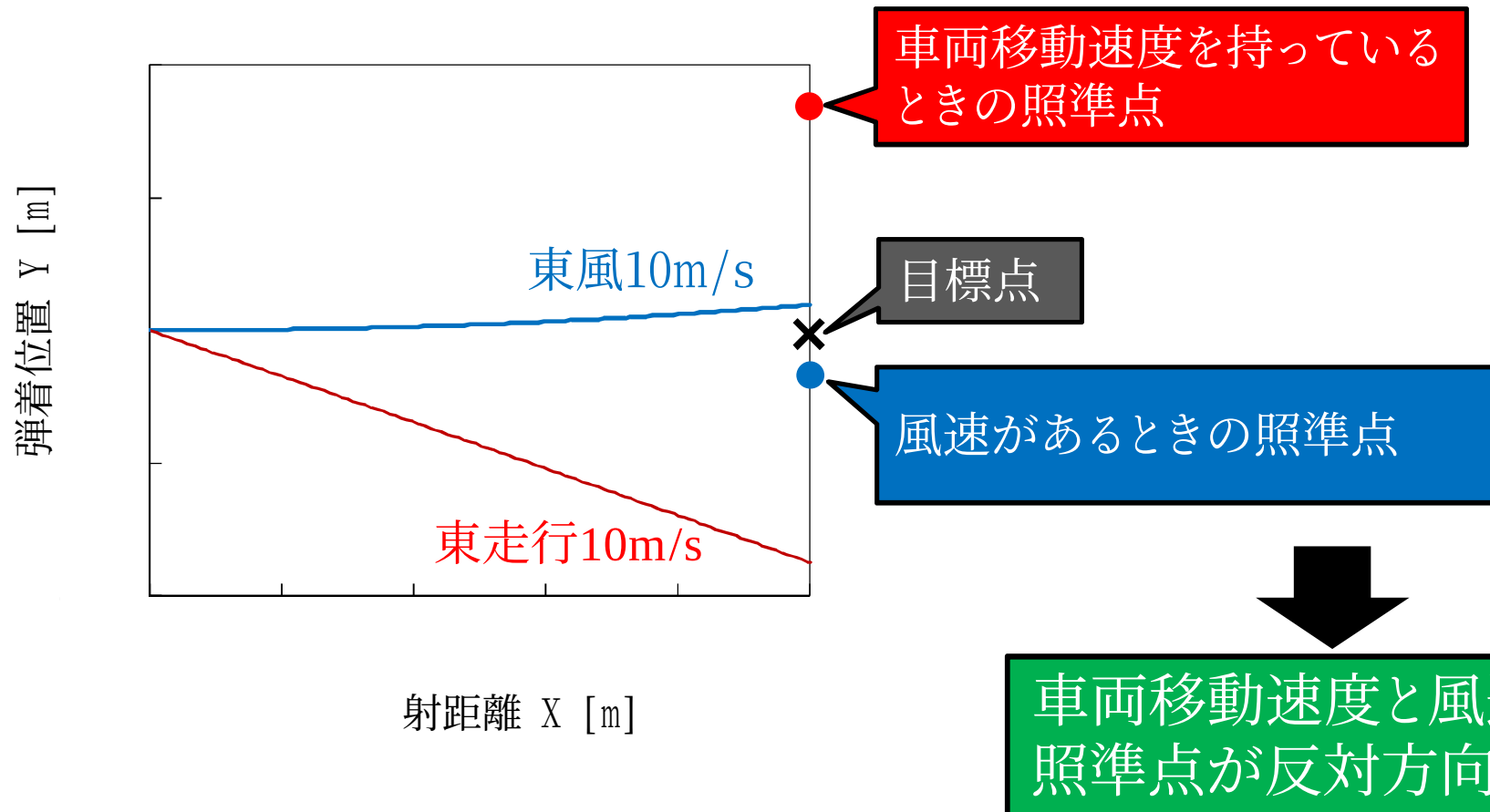
5. 結果及び考察 (4/5)

風及び車両移動速度による
弾道への影響 (X-Y平面)



5. 結果及び考察 (5/5)

風及び車両移動速度による照準点への影響



6. まとめ

テーブルデータの精度向上に必要な風及び車両移動速度が弾着に及ぼす影響についての数値計算により以下の知見を得た

- ・風及び車両移動速度は、ジャイロ効果により弾着点のZ軸方向にも影響を与える
- ・目標に弾着させるための照準の修正方向は、風は風上に、車両が移動する場合は進行方向と逆向きになる
- ・一方、修正量については、風速と車両移動速度が同一であっても異なる