

宇宙甲子園 共同実験 の位置づけと安全/安心

2024.06.27
宇宙甲子園向け 版



宇宙甲子園 実行委員会
大学生共同実験運営



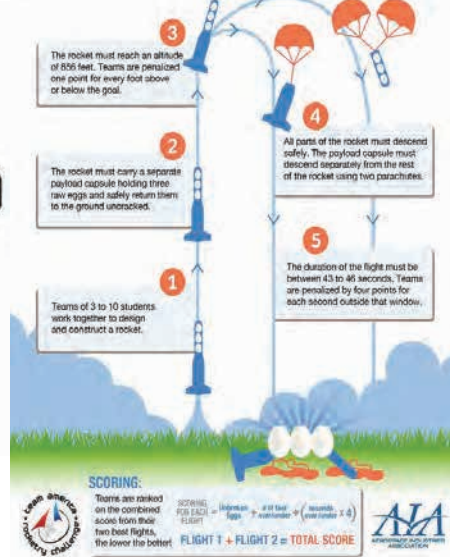
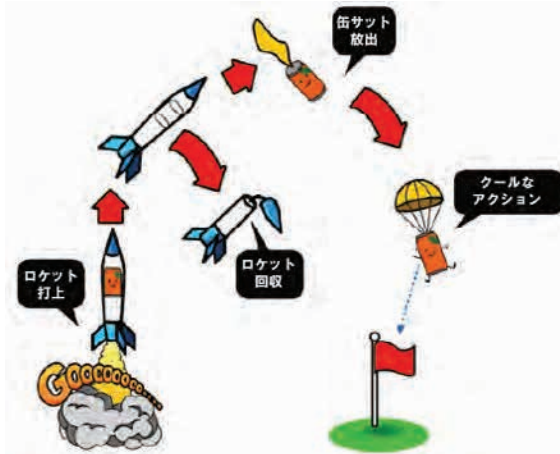
高校生・大学生向け 宇宙教育の位置づけ

<高校生向け：宇宙甲子園>

実施内容

- ◎ 大学進学を前にした高校生を対象とし、ロケットや缶サット、成層圏気球などをつかった「競技会」を実施。従来の高校教育とは異なり、教科書のない実践とチームによるプロジェクト活動を学びます。
- ◎ 缶サット部門・ロケット部門・気球部門では、地方大会・全国大会を経て勝ち残った日本代表チームを海外の大会に推薦。国内だけに留まらない、国際的な仲間作り・人脈形成も目的としています。
- ◎ 実施に当たっては航空宇宙工業会、日本モデルロケット協会、JAXA等の中央組織に加え、各地域に推進・指導のための運営母体を育成。山崎直子宇宙飛行士を会長として全国的に活動を展開しています。

Team America Rocketry Challenge 2019 Explained



缶サット部門
空き缶サイズの模擬人工衛星をロケット等で打上、上空にて「クール」なミッションを競う。ルールは国際化されており、日本代表として海外大会にも参加資格が得られます。

ロケット部門
生卵を搭載したロケットを、規定高度・滞空時間で飛ばし、無傷で帰還させる競技。ルールは国際化されており、日本代表はエアショーで開催される英米仏大会にも参加。

→ より技術的/プロジェクト的に高次を目指す「ロケットガール養成講座」などの高次プログラムも一部大学で実施中



缶サット部門

クールな空き缶サイズの模擬衛星を飛ばして競う



気球部門

宇宙の入口成層圏にみんなでチャレンジ



ロケット部門

卵を搭載したロケットの打上げ高度・滞空時間を競う



天測部門

天文・地文の謎を自作装置でみんなと解き明かす

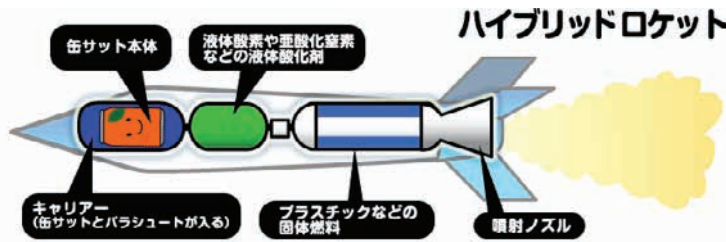
気球部門

地上とは異なる成層圏環境で稼働する器機を作成し、地球の撮影と様々なミッションを競う。国際的には日本しか実施しておらず、2024年度からモンゴルにて日本主導で世界大会を開催予定。

天測部門

様々な天文・地文に係わる計測を、自らが工夫し作り上げた装置で測定。誤差の発生原因を加味した計測としての正確性・意味を競う。現在競技ルールを設計中。

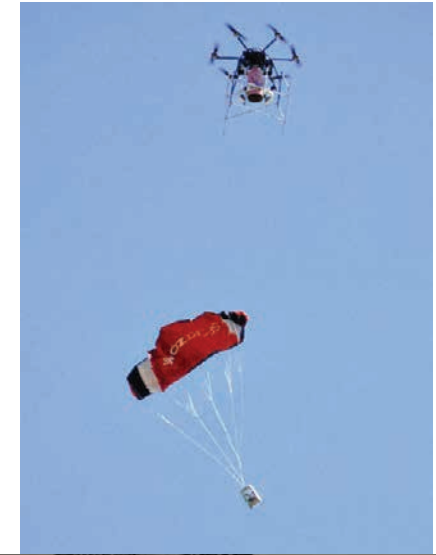
<大学生共同実験>



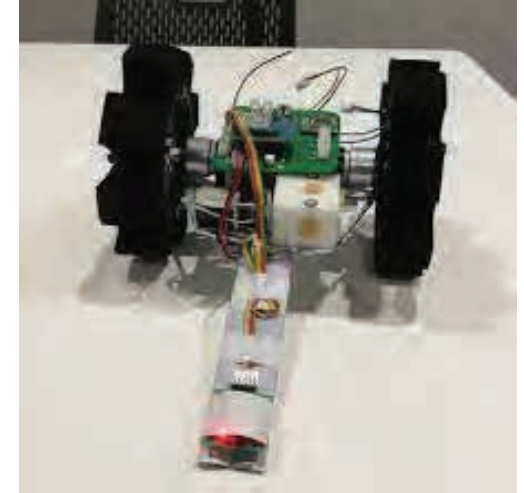
小型ロケットの打上実験



成層圏気球の放球試験

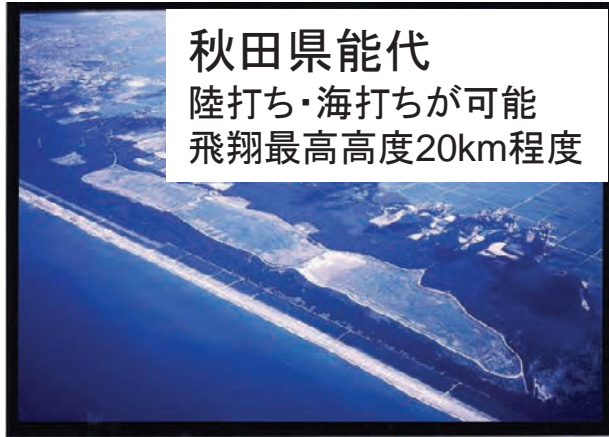


缶サットの投下試験



- 小型ロケットの打上(高度100m~十数km)、成層圏気球の放球(高度25~30km)、缶サットの投下(高度50~200mから)など、「広範囲の安全距離」が必要であり、航空機の運航や一般生活にも影響を与える可能性がある実験を共同で実施します。共同実験実施に当たって必要な調整は全て学生が行い、社会実装経験も学びます。
- 安全対策やステークホルダーへの安心対策、各種関連機関への届け出や調整、また保険の対応など、1校だけでは実施困難だった内容を共同でやることにより実現可能としています。
- 企業と学生のマッチング機会として活動を公開し、企業・学生双方のアピールの場としても活用されています。

実践的宇宙教育を支える現場



大樹町
陸打ち・海打ち
飛翔最高高度1km程度



御宿
陸打ち・海打ち・海上打ち
飛翔最高高度1km程度



伊豆大島
陸打ち・ローバが可能
飛翔最高高度1km程度



南予
成層圏気球実験が可能
飛翔最高高度35km程度



大隅半島
海打ちが可能
周回軌道まで打上可能

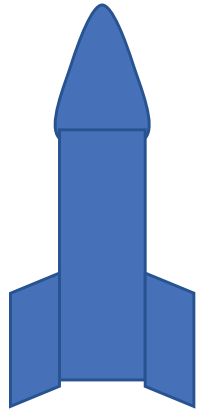


和歌山加太
陸打ちが可能
飛翔最高高度400m程度



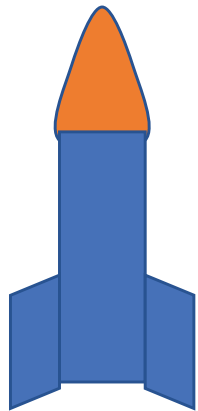
モンゴル
成層圏気球実験が可能(陸回収)
飛翔最高高度35km程度

宇宙甲子園 / 共同実験における人材育成の狙い



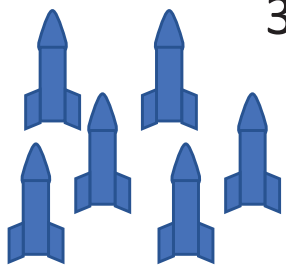
1. 打上プロジェクトメンバーとして学ぶ

- **Active Learning**（本人のやる気）に基づき、STEM教育に参加します。
- 「安全」に関する考え方を学び、必要な知識を学習します。
- プロジェクトの一員として、チームによる「仕事」への参加や、プロジェクトの推進方法を学びます



2. プロジェクトリーダーとして学ぶ

- プロジェクトの目標設定、リーダーとしてのプロジェクトの進め方、取り纏め方を学びます。
- 共同実験運営や他プロジェクトの折衝を通じて、ステークホルダーとの調整能力を育成します。



3. 共同実験運営として学ぶ

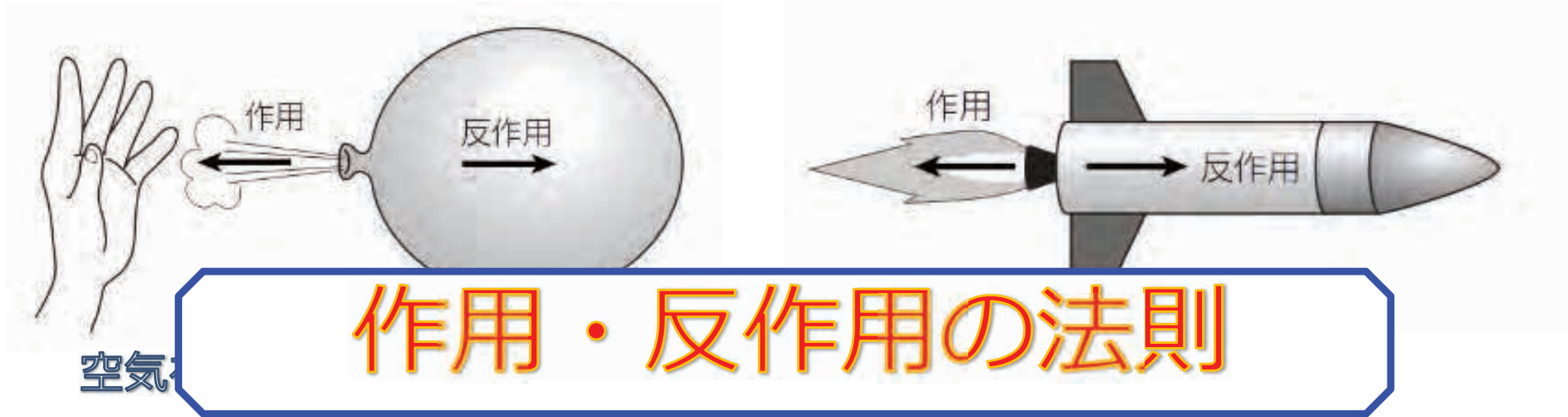
- 各プロジェクト間の調整、自治体や関係省庁との調整を通じて、ステークホルダーとの調整能力を育成します。
- 周囲が「安心」できる実験環境整備を通じて、管理能力/調整能力を育成します。

宇宙甲子園参加者に求める範囲

ロケットに関して

■ ロケットの飛ぶ仕組み 1

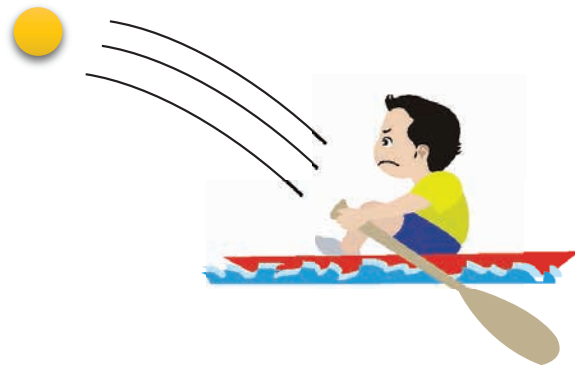
反動推進



空気で水（推進剤）を噴き出して飛ぶ

■ ロケットの飛ぶ仕組み 2

どうして水（推進剤）が必要なの？？



重たいものを投げ出すと大きな力になる

■ 化学推進ロケットのエネルギーの遷移

物質の構成エネルギー（生成熱）



熱エネルギー



ガスの運動エネルギー



ロケットの運動エネルギー



位置エネルギー獲得(ロケット上昇)

■ モデルロケットの打ち上げ実験

モデルロケットとは？

1. 機体にはプラスチックやバルサ材など非金属なものを用いたロケット
2. 回収装置を備えて複数回打ち上げが可能
3. ロケットエンジンは工場で製造
4. エンジンの点火には電気を使用する



■ モデルロケットのパーツ例

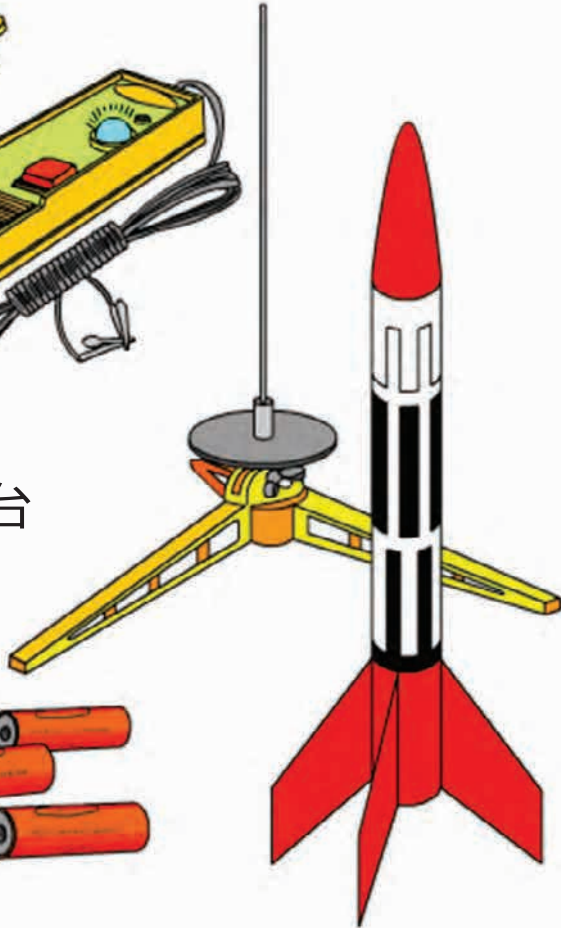


■ モデルロケットの打ち上げ

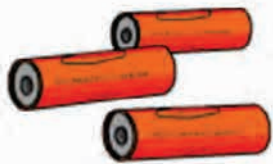
発射コントローラー



発射台



モデルロケットエンジン



リカバリーワディング



イグナイターキャップ



イグナイター



エンジン例 (A8-3)

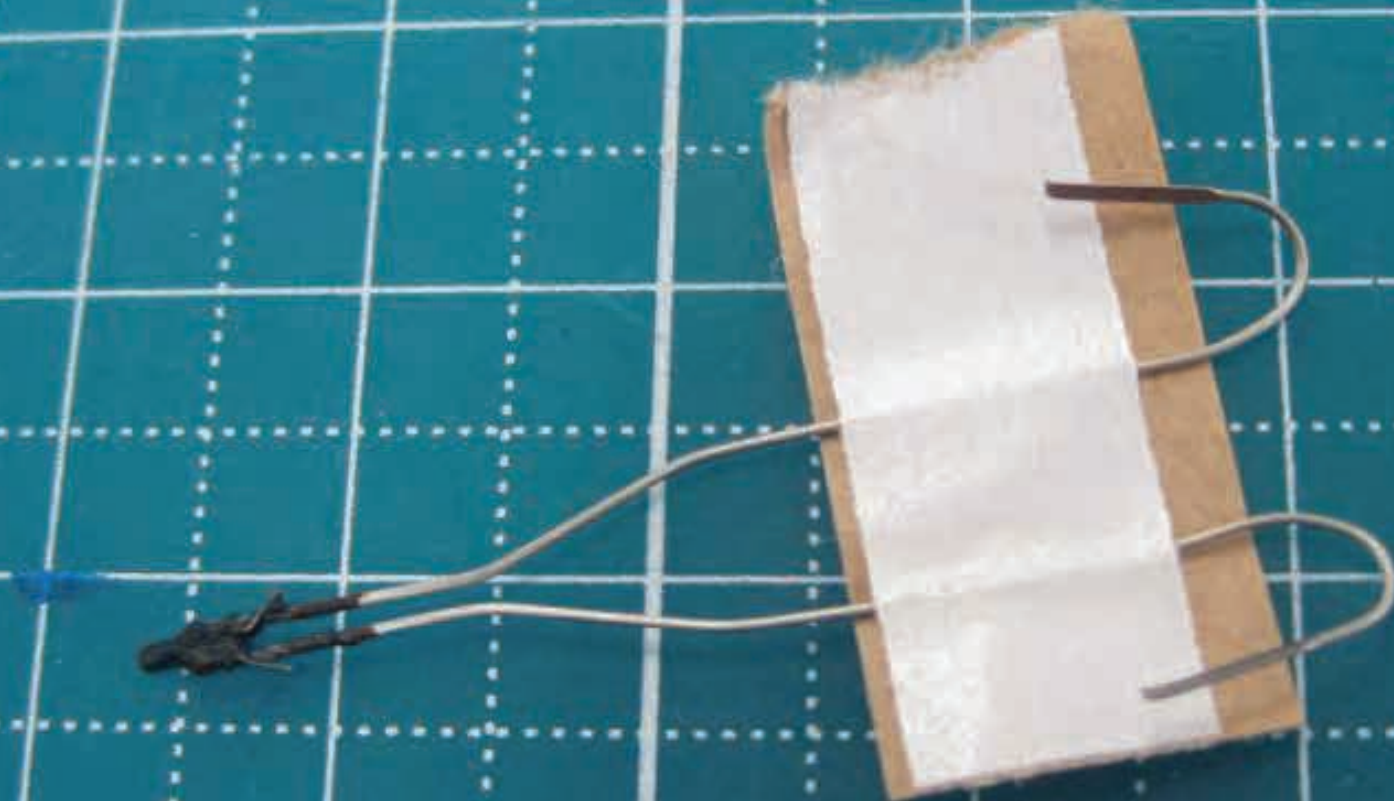


長さ 8.0cm

黒色火薬 (主成分) アメリカ製

配合比： 木炭10～20% 硫黄15～25%
硝酸カリウム60～70%

イグナイター（点火装置）



これに電流を流してエンジンに着火する

A8-3エンジンの性能

① A: ロケットエンジンの出力 (It 力積 = $2.5\text{N}\cdot\text{s}$)

A B C D E F G H I J K L M N O P

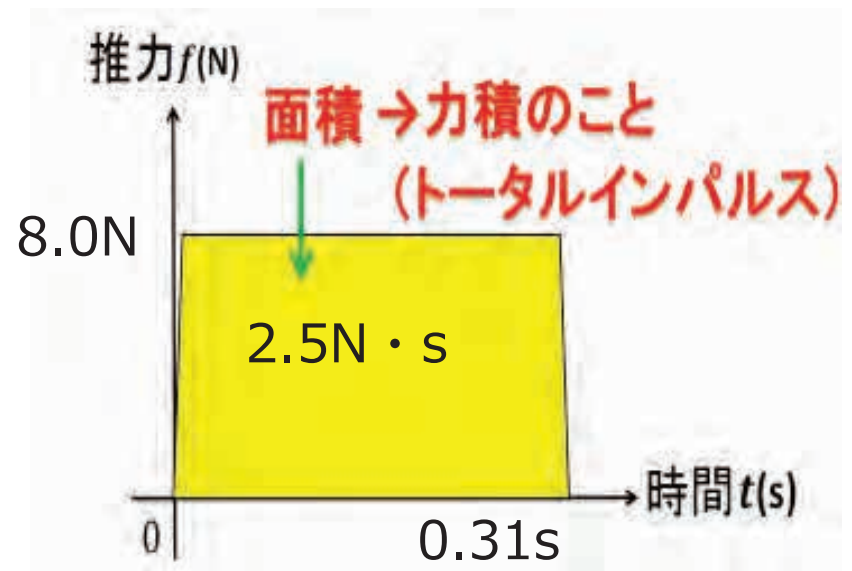


日本にはJまで($1280\text{N}\cdot\text{s}$)

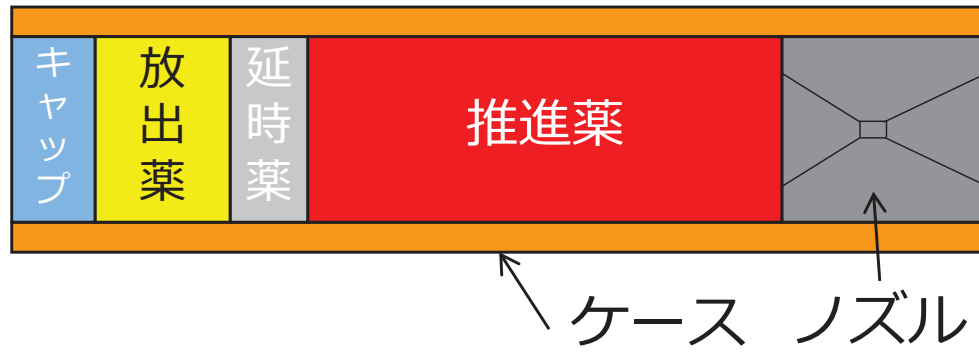
② 8: ロケットの最大推力 (8.0N)

③ 3: 延時薬の燃えている時間
(3.0s)

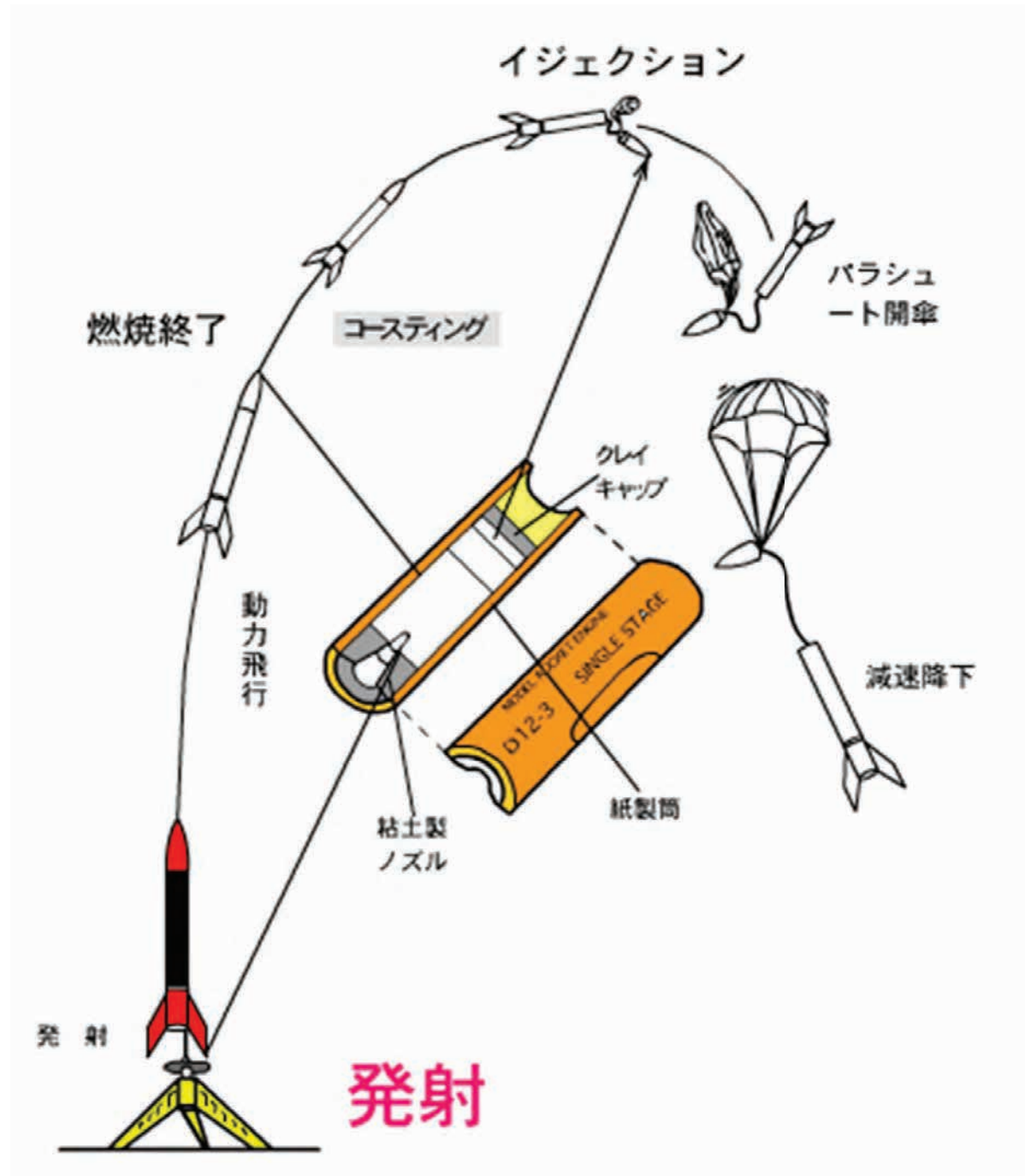
※推進剤の燃焼時間 $t_b = 0.31\text{s}$



■ モデルロケットエンジンの構造



■ モデルロケットの打ち上げ



■ ロケットの基本

◆ ロケットが安定して飛ぶために

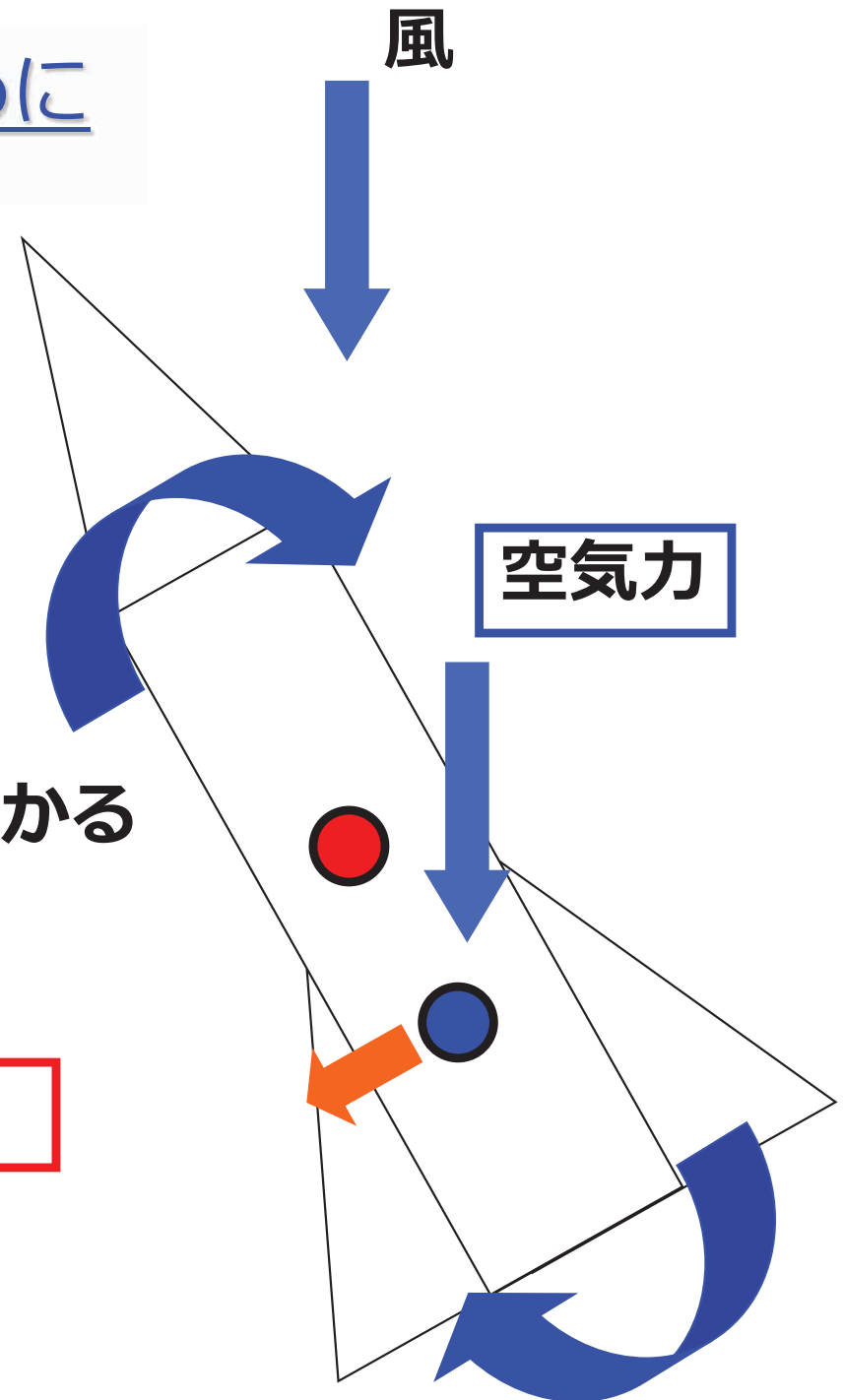
重心

ロケットに重力が働く点

空力中心 (圧力中心)

風 (空気力) によってロケットにかかる力の中心

風見効果 (風見安定)

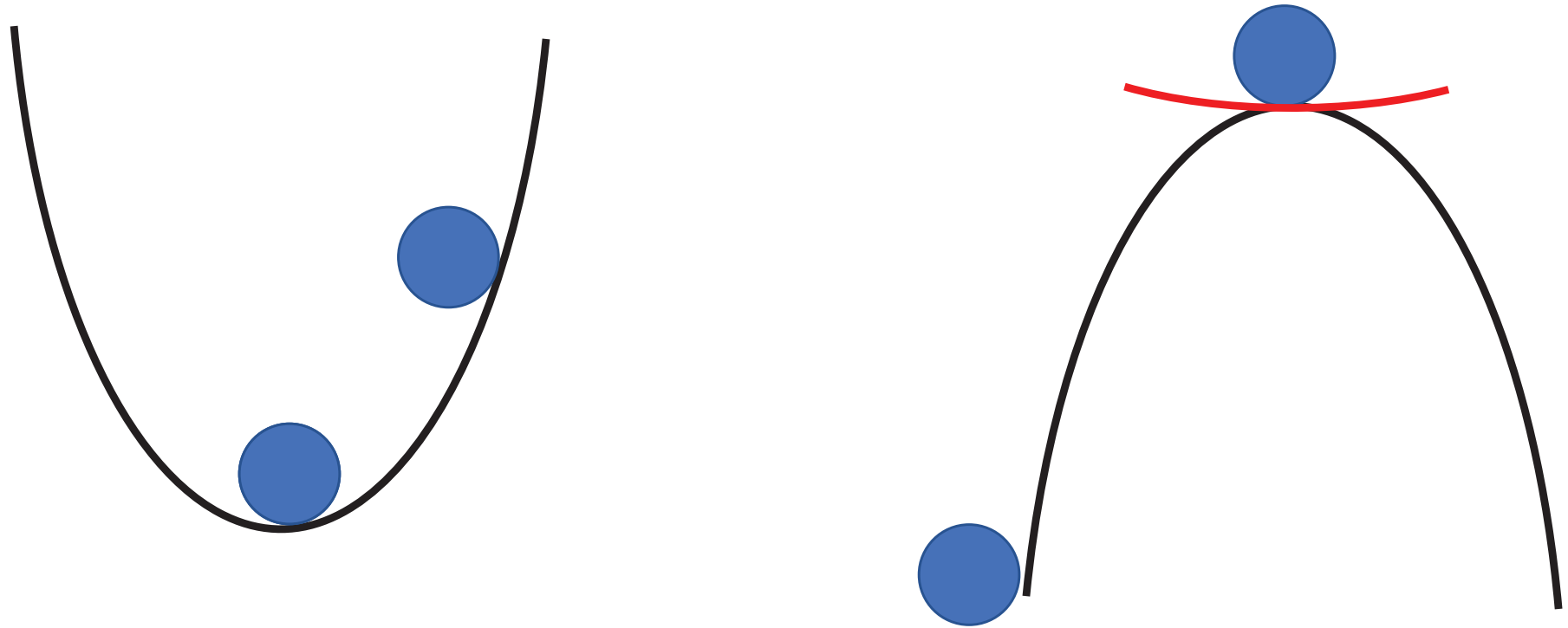


安全教育
安心教育

基本的な考え方

- 未知へのチャレンジとは、社会が未経験な境地を切り拓く活動。何が危険か、何が安全かも不確定。
チャレンジャー自身が危険を見つけ安全対策を講じる必要がある。
- 「危ない事をやってはいけない」のではない。
「危ない事を『危ないままで』やってはいけない」。
- 「危ない事」を明確にするのがリスクアセスメント。
リスクを低減する（危ないままでやらない）ことで「安全」を確保。それらの検討・取組をステークホルダーに説明し理解されて「安心」が得られる。
- 「リスクアセスメント（危険の所在）」を理解し、
「安全」対策を行い、周囲に「安心」をもたらせる
教育を受けた者だけが実践的宇宙教育への参加資格
を有する。

我々の住む世界は大人しく暮らせば安全（下に凸の世界）な世界ではない。
そもそもが不安定で危険な世界（上の凸の世界。何もしなくてもずり落ちる）
常に危険と隣り合わせの中で、「危なくなくするため」のルールを決めている



危ない事をやってはいけない

危ないままで



安全に係わること

安心に係わること

実践的宇宙教育における安全管理

- 新しいチャレンジを行う「宇宙」教育においては、「安全」な実験を行うための規則が完全に整備されているわけでは無い。
(体育館を借りる ≠ 打上実験場を借りる)
- 何を持って「安全」とするのか、何が「安全」な状態を作り出すのが、実験実施者が自ら検討し、地元の方々 / 関係機関と十分な議論を行い確立しなければならない。
→危険を見つけ出す (リスクアセスメント) 作業を行い、それぞれに対する対策 (ルール) を考える
- ルールを定めて安心しない。ルールが定められた理由も理解し、変化に対応すること

安全のために危ない事を知る

安全の定義

「ロケットが飛行中，人や物に衝突せず，またロケットが減速機構により落下している時，機体が人に接近してきても安全に退避できること」

リスクアセスメント

1. 当たる

- 物に当たって物が壊れる
- 人に当たって怪我する / 死ぬ

2. 燃える

- 火事になる
- 火傷する

3. 爆発する

- 破片が当たって物が壊れる 怪我する / 死ぬ
- 圧力変化で内臓がやられる

① 弾道飛行をしたとしてもロケットが
人・物に衝突しないようにすること。

- 保安区域の設置と周知
- 保安区域内への立ち入りの制限
- 打ち上げシミュレーションによる落下位置の推定
- 気象条件による影響

② 軌道を予測することができる設計がなされていることを事前に確認すること.

- 実験計画書の作成と周知
- 専門家による安全審査の実施

③ ロケットにはパラシュートなどの減速機構やそれに準じた安全に回収する機構を搭載すること。弾道飛行させる場合は、①を遵守すること。

- 安全な回収を前提とした技術の確立

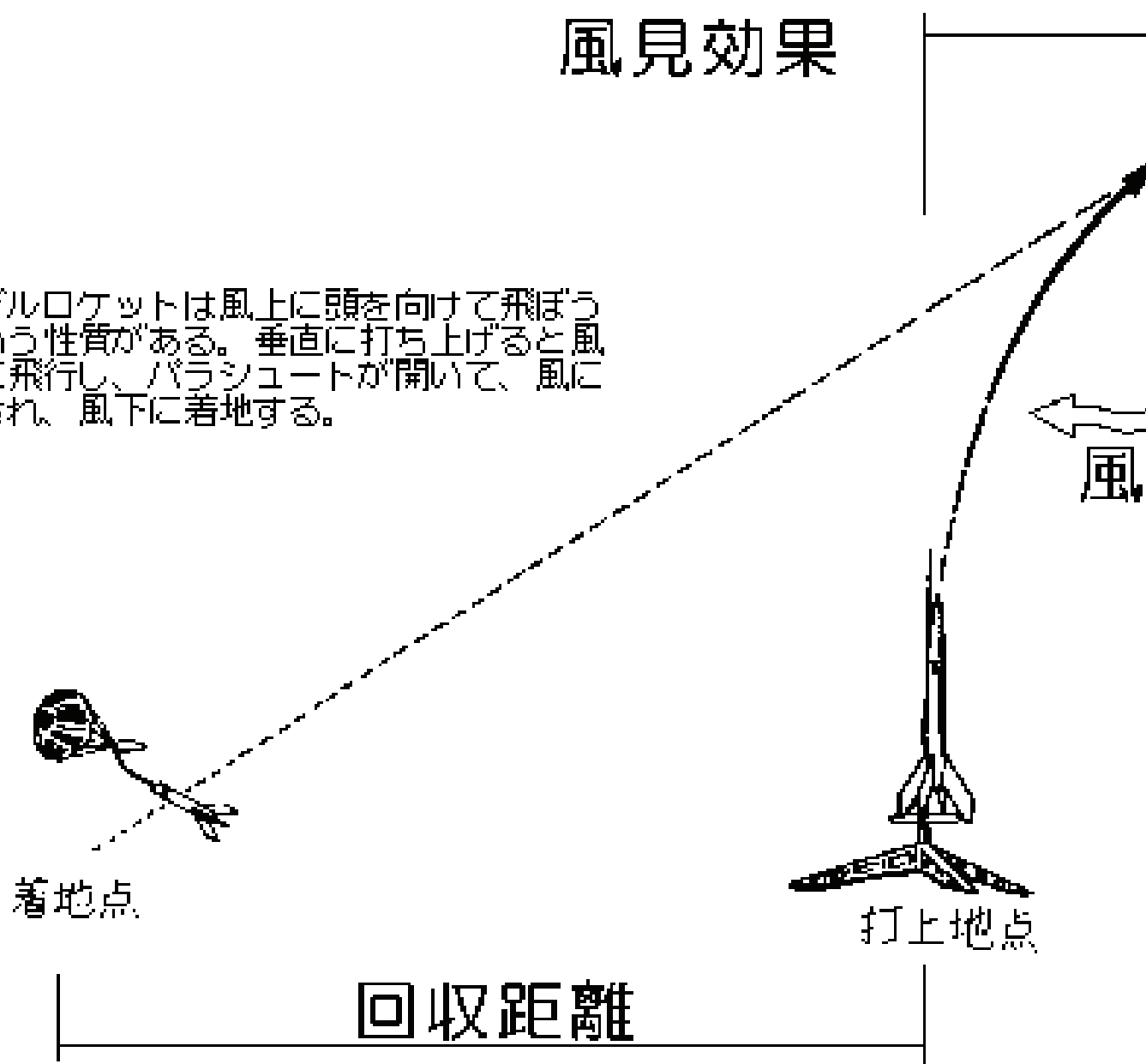
④打上げ時に機体が爆発しても人・物に破片が衝突しないようにすること.

- ロケットの爆発による被害範囲の想定
- 異常な飛翔に対する対応

■ ロケットの飛翔

風見効果

モデルロケットは風上に頭を向けて飛ぼうという性質がある。垂直に打ち上げると風上に飛行し、パラシュートが開いて、風に流され、風下に着地する。



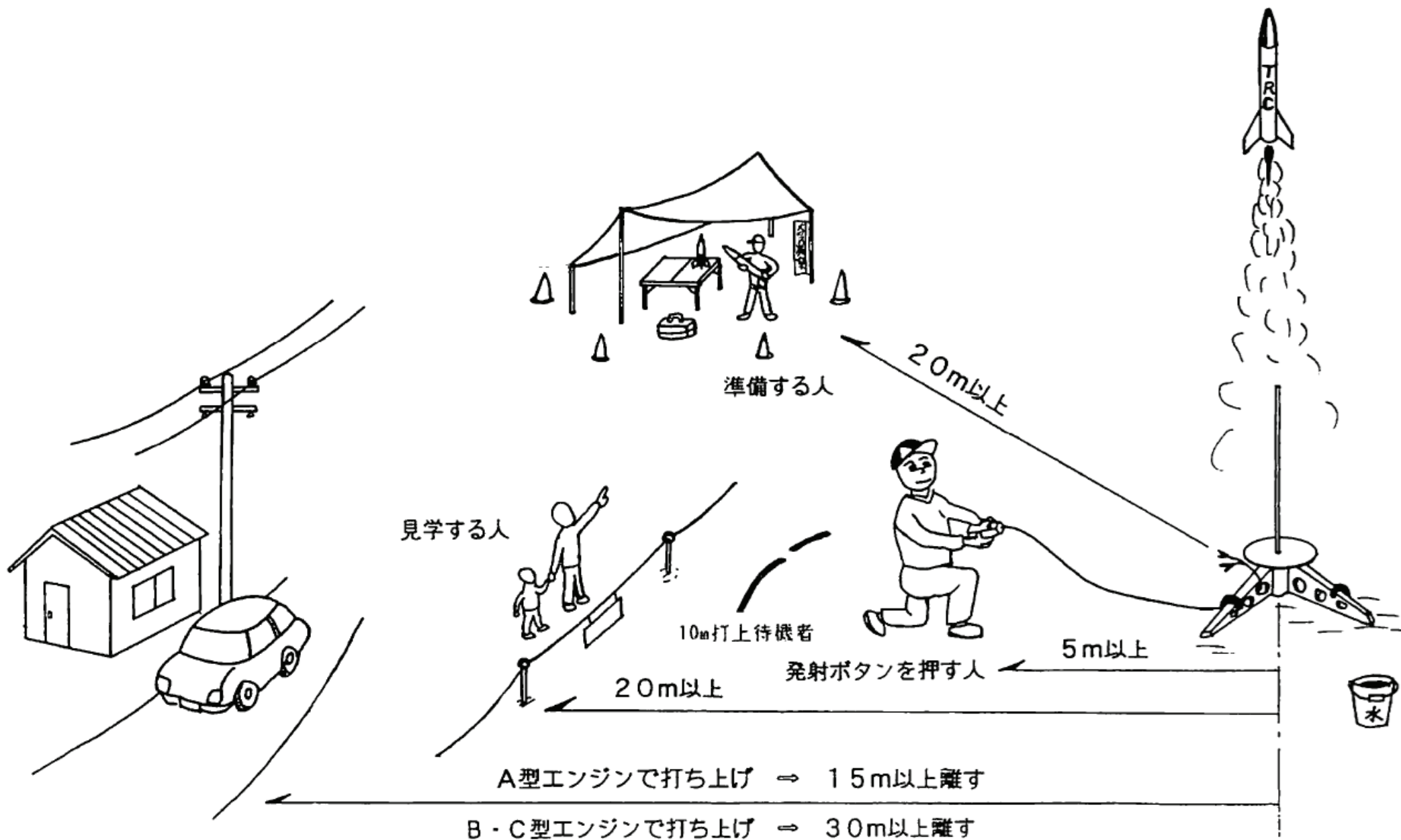
保安区域など

1. モノが爆発した際の爆風影響範囲
2. モノが破裂などを起こした際の飛散物影響範囲
3. モノが爆発・燃烧した際のファイヤボール影響範囲（熱的影響範囲）

→多くの実験では飛散物の影響範囲が最も大きい

これらの影響範囲を考慮して、点火点までの距離などを決定

■モデルロケットの保安距離



道路、建物、電線

実験実施にあたって

- 周囲の保安
 - 警戒区域を確保できるように保安要員を配置
 - 保安要員は、警戒区域に関係者以外が立ち入ることのないよう、監視を行う
 - 周辺住民の方へ配慮
 - 通行があった場合、状況をお伝えして対話する
 - 待機をお願いする（待機時間は5-10分程度）
 - 状況により本部へ連絡し作業を中断、通行いただく
 - 消火隊：消火器を備え、初期消火にあたる

実験実施にあたって

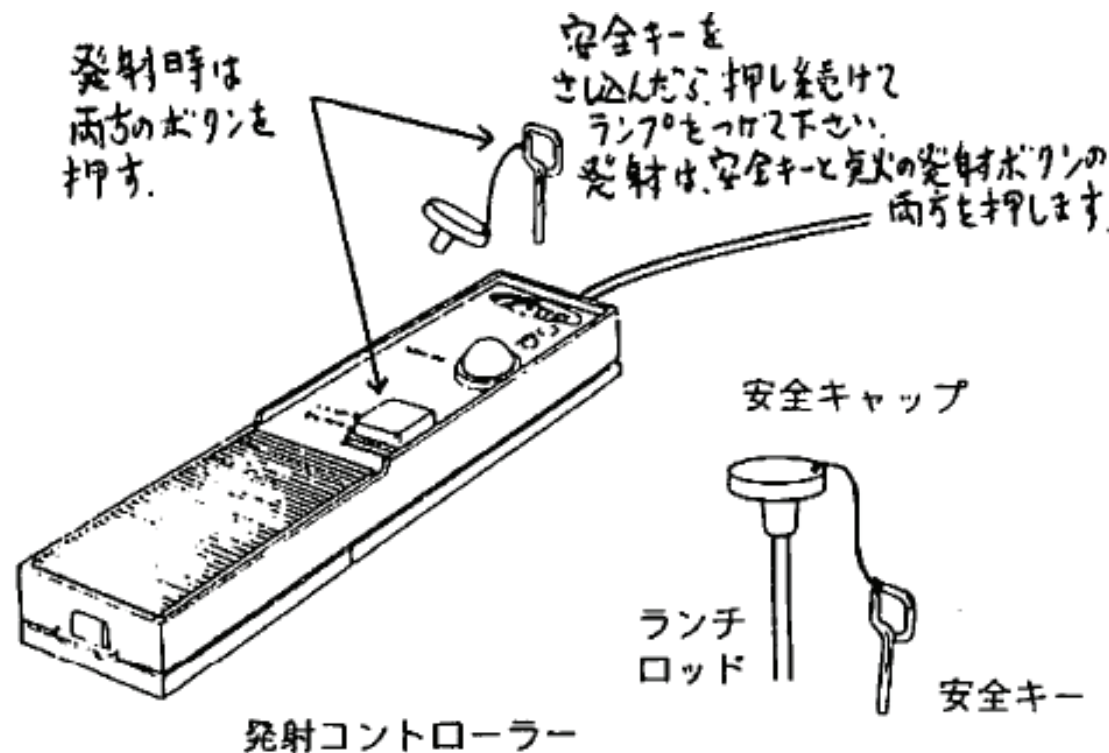
● 実施条件

- 風速制限：どの方位に○m/s以下かを検討
- 気温制限：○°Cを大幅に下回る場合など
(何故その温度以下は駄目なのか、検討必要)
- 視界遮蔽距離制限：○kmの視程
(何故その距離が必要なのか検討が必要)
- 降雨制限：1時間降水量○○.○ミリ
→例)
11.3ミリを超えると、視程1kmを確保できない
- 気象警報が発令→原則打上げ中止
- 気象注意報が発令→天候の急変に注意
- 落雷：雷鳴が聞こえる段階で作業中断
→実験場はなにもない草原。落雷の危険性が高い。
雷レーダなどを積極的に利用すること

↑○になっているのは、「数値は状況に応じて（リスクアセスメントに基づいて）」
実験者が決めるべき値。与えられた数値を鵜呑みにするのではなく、自分達で
考えて実施する必要がある。大会運営が規定する数値も、その意味を考えよう。

■モデルロケットの点火方法

1. 打上が終わったら安全キーを発射コントローラーから抜いてください
2. 安全キーは次の打ち上げまで発射台のランチロッドの先に安全キャップとして差し込んでください
3. 不点火した場合は安全キーを抜いて**30秒待つ**



安全と安心

安全にかかわること

安心にかかわること

ロケットを打ち上げたい人たち

- ・安全なロケットだ

打上実験の周りに暮らす人たち

- ・ロケットが落ちてきたら怖い

自分が「安全」だと思ふこと ≠ 周りが「安心」すること

ロケットを打ち上げたい人たちに求められること

- ・最大限の努力を払い、危ない箇所・危なそうな展開を見つけ出す
- ・それをら潰して「安全」策に勤める
- ・自らの「安全」策を周囲の人たちが理解できる方法で伝達する
- ・打上実験をする人たちを信頼してもらう
- ・「安心」は相互の信頼関係の上に存在する

安心は「神話」。安全に関する説明・議論を通じて作り上げることが出来る

自分達で自分達が実施したいことを実現する「場」を作る事が重要

→ 大学生の共同実験ではここまで求められる