



第14回 科学の甲子園 全国大会

実技競技③ フライホイール大作戦 ～回転エネルギーを操ろう！～

問 題 (競技時間 155 分)

■注意事項

1. コースでの試行およびレースの際に計時システムを正しく操作できるようにガイダンス中の説明をよく聞いて理解し、確実かつ丁寧に扱うこと。
2. 冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁に気づいたときは、手を挙げて白いブルズンを着たスタッフ（審判等。以下、競技スタッフ）に申し出ること。
3. 機体および12ページ「7. 製作材料および工具」で、持ち込みを許可されている物品以外は、待機・調整場所に持ち込んで서는ならない。
4. PC等（ノートパソコンやタブレット、スマートフォン）通信機器の持ち込みも禁止であるが、持ち込んでいた場合は、電源を切り、エコバッグにしまうこと。
5. 8～12ページに示された規定（制限、注意点、注意事項、失格について等）やQ&Aで示された内容および会場アナウンスや競技スタッフの指示に従うこと。
また、アナウンスや競技スタッフの指示に対して迅速に行動するとともに決められた時間や場所を厳守し、また、他校の活動を妨げないようにすること。
6. けが等のないように、工具類の取り扱いや待機・調整場所およびコースでの作業では、安全に十分に注意すること。
けがや体調不良の場合は、すぐに手を挙げて競技スタッフに知らせること。トイレに行くときも同様である。
7. 競技に関する質問は受け付けない。
8. 競技終了後、冊子はすべて回収する。

■目次

1. 競技人数	3
2. 競技時間	3
3. 競技概要	3
4. 製作するフライホイールカーについて	5
5. 製作規定	6
6. 競技規定	10
7. 製作材料および工具	12
8. チャレンジで使用するコースについて	13
9. 競技会場について	16
10. 競技当日の流れと競技の進行	18
11. この競技における得点および順位	21
〔巻末資料〕 事前に送付した製作材料	26

実技競技③は事前公開競技です。選手の皆さんは今日まで、仲間とアイデアを出し合い、多くの時間を試作・試行に費やしたことでしょう。また、試行結果の分析や考察など論理的実証的アプローチに基づいて最適解を目指してきたことと思います。

既に作戦は決まり、後はこれまでの成果を全国大会の会場で示すのみです。最後まであきらめず、仲間を信じてチームワークを発揮し、実力のすべてを出し切ってください。また、全国の仲間と競い合うこの時を楽しんで欲しいと思います。

1. 競技人数 1チーム4名

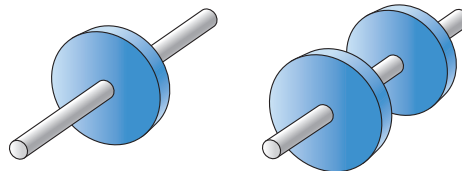
2. 競技時間 155分

3. 競技概要

「フライホイール」,「台車」から構成され、以下の要件を満たすフライホイールカー（以下、機体と言う）を製作し、当日会場に持ち込む。

- フライホイール（Flywheel, 以下、これをFWと言う）を製作する。

FWの例： 1枚構成 2枚構成



- 台車は、FWを搭載できる構造を備え、その状態で斜面に沿って下降することでFWにエネルギーを蓄えることができるものとする。
- FWおよび台車には、必要に応じておもりを付けたり載せたりすることができる。

レースは、以下の2種類を行う。

○走行タイム制御レース（以下、制御レースと言う）

製作した機体を規定の長さの斜面上で下降させ、下りきった先の平面上で指定された距離を走行し、その走行タイムが指定された目標タイムにどれだけ近づけられるかを競う。

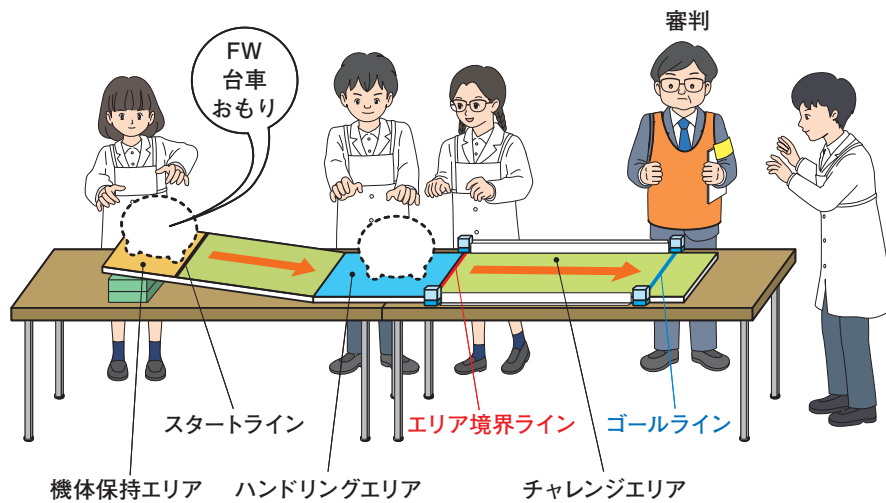
○バンプクリアレース（以下、バンプレースと言う）

製作した機体を規定の長さの斜面上で下降させ、下りきった先の平面上にあるバンプと呼ばれる突起物を乗り越えながらも積載物内のボールを落とさずに走行し、指定された距離での走行タイムの短さを競う。

予選チャレンジとして全チームが2種類のレースを行う。その結果の上位12チームによる決勝チャレンジを1レース行う。

この競技の順位および競技得点は、決勝チャレンジ進出チームはその結果に基づいて、それ以外のチームは予選チャレンジの結果に基づいて、決定する。

【制御レース】



【バンプレース】

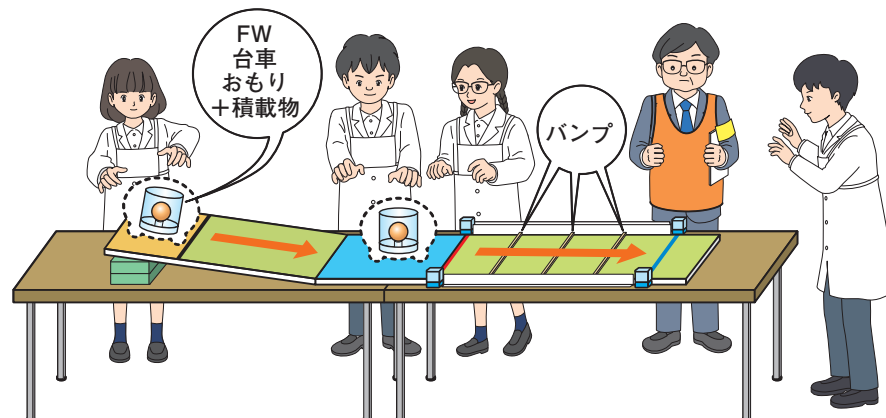


図1 競技概要図

4. 製作するフライホイールカーについて

フライホイールとは、一般的に円盤状の構造であり、その回転する物体の慣性モーメントや回転エネルギーを利用して、運動の安定化やエネルギーの簡易的な蓄積・利用といった用途に使われる。運動の安定化用途では、例えば足踏みミシン（右図上、シンガー製足踏み式ミシン）がある。フライホイール（日本では“はずみ車”と呼ばれていた）を足で回し、ミシンの針の動きを滑らかにしている。エネルギー用途では、回生エネルギーとして利用するシステムが、路面バス（右図下、ジャイロバス G3）で使われた例がある。さらに超電導を組み合わせた大規模なフライホイール蓄電システムの研究もすすめられている。



Provisualstock.com - stock.adobe.com



©Vitaly Volkov https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyrobus_G3-1.jpg

本競技では、フライホイールに蓄積したエネルギーを再利用するレースを行う。簡易的なエネルギー保存式は、坂の上の機体の初期位置の高さを h 、機体全体の質量を M 、坂を下りきったときの機体の速さを v 、フライホイールの角速度を ω 、重力加速度を g とすると、

$$Mgh = \frac{1}{2} Mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2$$

となる。ここで I はフライホイールの慣性モーメントで、フライホイールの全質量 m と、質量の回転軸からの距離の実効的な平均値（＝回転半径という）を k として、

$$I = mk^2$$

と表される。また、フライホイールの角速度 ω と機体の速さ v にも関係式がある。これらの式から、 M と m の質量配分などをどのようにすればフライホイールの回転エネルギーを大きくできるか、回転半径 k をどのようにすれば坂を下った後のスピードが速くなるか、導き出すことはできる。しかし、実際には上記の理論だけでは十分でなく、摩擦によるエネルギー損失の影響を考慮する必要がある。

また競技の性質上フライホイールの回転エネルギーを最大に得られたとしても、それを制御できなければ意味がない。本競技では、スピードを抑えて時間をかけてゆっくり進む走行や、バンプを越えられる走行能力と衝撃に耐えられる安定性を要求している。フライホイールに蓄積されたエネルギーを徐々に使う必要があるが、試行錯誤を通してできるだけ効率的にエネルギーを利用できる機構を考え、レースの目的を達成できる機体を設計することが、勝利への道である。

5. 製作規定

機体は、以下に示す規定に従って製作すること。

(1) 求められる仕様・性能

競技に際して、機体の構成要素には以下の仕様および性能が求められる。

- ①機体の寸法は、台車に FW とおもりおよびバンプレースでの積載物を載せた状態で、一辺が 400 mm の立方体内に収まること。なお、走行中に変形した場合でもこの寸法に収まること（例：検査時は FW がこの寸法内にあったが、走行するとその範囲から出てしまう場合は、合格とならない）。
- ②機体の重量は、レースのスタート時の状態（台車に FW，必要に応じておもりを載せた状態，バンプレースではこれに加えて規定の積載物を載せた状態）で、1000 g 以下とすること。
- ③ FW は、コースの路面に触れてはいけない。
- ④台車は FW を搭載できる構造を有し、FW と連動して動くことで斜面の高低差に起因する位置エネルギーの一部を回転の運動エネルギーに変換して FW に蓄積できるものとし、競技に際しては斜面の高低差に起因する位置エネルギー（FW が蓄えたエネルギーを含む）以外のエネルギー源を使用して走行させてはいけない。
- ⑤台車には、前輪と後輪がそれぞれ 1 個以上備わっていて、それらのすべてがコースの面に触れて走行すること。
- ⑥ FW は、台車の前輪および後輪と軸を共有してはいけない。
- ⑦台車には、バンプレース時に使う積載物を置くスペースを確保すること。なお、この積載物は各校での試行用としてこの冊子と同時に送付するが、大会当日は、競技会場に用意されたものを使ってチャレンジする。

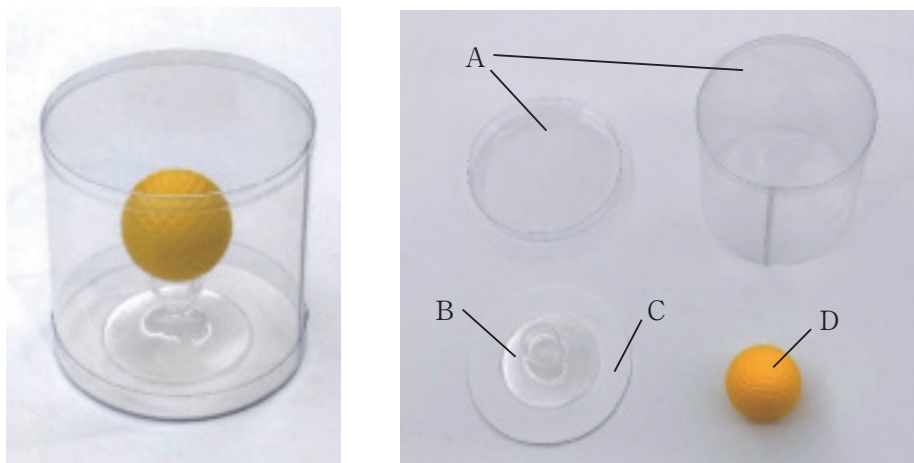


図2 バンプレースでの積載物

図2右の説明

A) フタ付きプラスチック製透明円筒〔直径：約 98 mm，高さ：約 100 mm，フタの

高さ：約 12 mm, 重量：約 19 g]

B) プラスチック製カップ台座〔台座底部直径：約 60 mm, 台座底部から上端までの高さ：約 35 mm, 上端部 外径：約 22 mm, 内径：約 20 mm, 重量：約 4 g〕

C) 円形の紙〔直径：約 98 mm A のフタ内に収まる, 厚さ：約 1 mm, 重量：約 3 g, A とは, 両面テープで接合される〕

D) 練習用ゴルフボール〔天然ゴム製, 直径：約 42 mm, 重量：約 8 g〕

※ B の底部と C は, 中心を合わせて両面テープで接合されている。

⑧ FW および台車には, 前述の機体全体の寸法や重量の規定を満たせば, 製作材料にあるものをおもりとして載せて構わない。

⑨ 2 種類のレースとも, タイム計測に赤外線を利用した計時システム (以下, システムと言う) が使用される。

○計時システム構成

- ・制御および操作・表示用マイコン (M5Stack) ・IoT 機器対応モバイルバッテリー
- ・ルート配分ユニット (マイコンケーブル, LAN ケーブルの集線)
- ・赤外線送信および受信ユニット (図3参照)

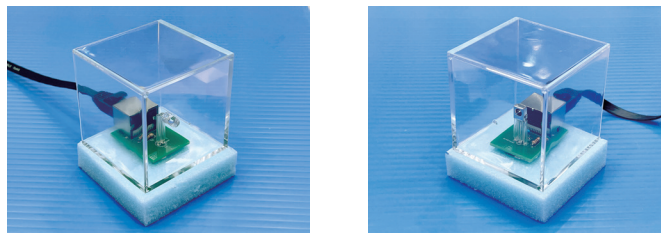
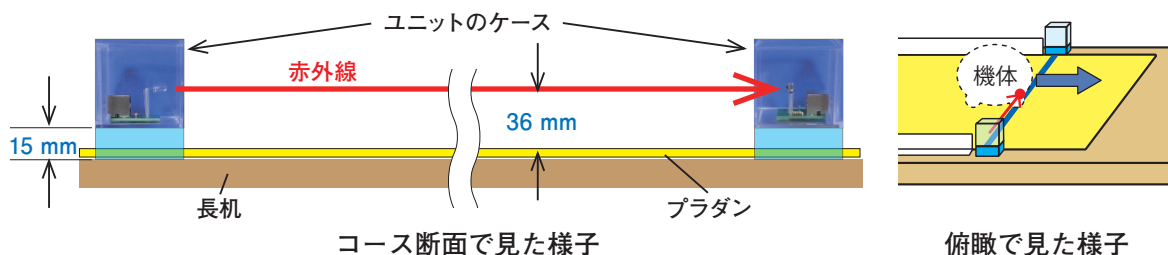


図3 赤外線送信ユニット (左) と赤外線受信ユニット (右)

図3の両ユニットは, 下のようにコース長机に配置される。そこを機体が下の右のように通過する際に, 赤外線が遮断されることで計時の開始・終了が行われる。(システムの計時精度は ± 0.01 秒)。



システム稼働中, 送信ユニットの LED からは赤外線が照射され, 受信ユニットのセンサーは, マイコンにより 5 ms (ミリ秒) 間隔で赤外線の到達を確認している。この仕様のため, 細いものが素早く通過する場合などでは, システムが感知できない可能性がある。

そのため機体がシステムに感知されるように、次に示した赤外線遮光領域を機体先端部に備えること。

照射されている赤外線の中心（ブラダンから上空 36 mm）から
上下 12.5 mm（高さ 25 mm）程度、機体の進行方向の長さ 35 mm 程度

なお、機体のゴールはシステムがゴールラインでのセンサーを感知し、計時が完了した段階で判断されるので、機体の製作にあたって考慮すること。

- ⑩制御レースの際、機体はコースにあるスタートラインからゴールラインまでの斜面および平面を、その幅内で進む直進性を有すること。
- ⑪バンプレースの際、機体はコースにあるスタートラインからハンドリングエリアにすべての車輪が達するまではコース幅内で進む直進性を有すること。またその後、ゴールラインまでコース幅内で進む直進性を有するとともに、チャレンジエリアに置かれた 3 本のバンプすべてを乗り越えることが求められる。さらにバンプを乗り越える際、機体の台車に載せた積載物をそのままの状態チャレンジエリアを走行しゴールラインまで進む性能も求められる。
- ⑫競技内で以下の作業（以下、機体調整と言う）が可能である。

①の寸法内であれば、おもり（全部または一部）の着脱、FW 構成部品の着脱および組み換え、FW の載せ替えは可能とする（レース開始時の重量測定で②の重量内に収まっていること）。ただし、台車については、部品等の着脱および構造の変更は不可とする。

（２） 製作物および製作上の制限

- ① FW、台車、おもりは〔巻末資料〕に記載の製作材料にあるものを使用して製作することとし、これらはすべての種類および個数を使わなくても構わない。製作材料にない既存の商品を購入して製作に使用してはならない。

なお、機体に対するチームの考えを実現するために熟考した結果、製作材料で用意されたものでないものを製作し、その製作物を使うことを、以下の要件を満たす場合のみ認める。

- ・製作に用いることができるのは 3D プリンタのみとする。
- ・3D プリンタの方式は、「熱溶解積層方式」か「光造形方式」のいずれかとし、製作物の素材は合成樹脂とする。
- ・3D プリンタでの製作にあたって、ソフトウェアによる設計等を含む一連の操作は、選手である生徒自身が行う。必要に応じて指導者が同席することは可とするが、製品のイメージや設計図等を業者に伝えて作ってもらうことは禁止とする。

- ②持ち込み可能な台車の数は 1 台のみとする。FW は、製作材料の数量内であれば、予め

複数個を製作して持ち込んでも構わない。おもりも、**製作材料**の数量内であれば、大きさ・重量・個数を任意に用意してよい。

- ③各校で試作するにあたって、**製作材料**の物品（同等品を含む）を購入し使うことは構わないが、大会当日、検査時の機体には、配付されたものが配付された数量以内で使われていること。
- ④機体に 3D プリンタで製作したものを使う場合は、モデリングのソフトウェア名、3D プリンタの方式・機種、製作物の素材等を紙に印刷した資料を用意し、次項（3）**検査**の際にどこにそれらを使っているかを自己申告するとともに、この資料を提出すること。

（3） 検査内容および検査後の対応

機体が規定に従って製作されているかは、機体の寸法および使用部品についてはガイダンス後の時間に、機体の重量についてはレースごとスタートの直前にコースにて、それぞれ担当の審判が検査する。審判からの指摘や質問等があった場合はそれらに対応すること。

機体が寸法および使用部品の検査に合格した場合、審判から都道府県シールが渡されるので、予選チャレンジ・制御レースまでの間に、機体の外から見える場所に、そのシールを貼るとともに、**待機・調整場所**に準備された機体運搬用トレイに載せて机上に置き、予選チャレンジ・制御レース出場のためコースに持って行くまでは触れてはならない。

機体が寸法および使用部品の検査に合格しなかった場合、審判（状況によって競技実施責任者）の指摘項目を修正するために指定の時間内で措置を行い、再検査を受ける。

（4） 製作その他に関する注意点

機体の製作にあたっては、以下の各点に注意すること。

- ① FW の製作にあたっては、高速で回転することを踏まえ、遠心力による FW の破壊や部品等が高速で飛散するような事態が起きないように、強度を確保する。

例：FW におもり等を付ける場合、円周付近に挟んで止めるなどせず、

貫通した穴に通して固定する。等

- ②機体重量の検査はレースの直前にコース近くで行われるので、重量オーバーと判定された際に素早く修正措置ができるよう、用意・工夫をしておくこと。

（5） 製作に際する失格について

以下の場合があったと認められるチームは失格とし、この競技の得点を 0 点とする。

- ・最終的に検査に合格しなかった場合
寸法オーバー、重量オーバー、使用不可の部品等を修正できなかった。
- ・検査に合格し、渡された都道府県シールを貼った機体に対して、（1）**求められる仕様・性能**の⑫で認められている**機体調整**以外で調整する行為があった場合。

6. 競技規定

(1) レース方法

競技は以下に基づいて行われ、順位および競技得点が決定される。

(1.1) レース概要

- ①競技は、全チームによる予選チャレンジと、予選上位による決勝チャレンジからなる。
- ②各チャレンジともに、レースは指定のコースで行う。
- ③予選チャレンジは、科学の甲子園ジュニア全国大会出場チームから招待の1チームを含む全48チームを、12チームずつ4つの組に分けて行う。
- ④予選チャレンジでは、制御レースとバンプレースの2種類をこの順に行う。
- ⑤2種類のレースを2回ずつ行い、レースごとに高い方の得点を合計したものをチームの得点とする。
- ⑥決勝チャレンジは、予選とは条件のちがうバンプレースを1回だけ行う。
- ⑦予選チャレンジ、決勝チャレンジとも、記録を取るレースに先がけて、試行・調整を行うことができる（約5分間）。

(1.2) 予選チャレンジ・制御レース

- ①コースの機体保持エリアからスタートした機体がチャレンジエリアを 22.00 ～ 28.00 秒の範囲内に設定される目標タイム にどれだけ近づけて走り切れるかを競う。目標タイムは、競技に先駆けて行われるガイダンス内で示される。
- ②コースの斜面は、スタートラインの長机面からの高さ（以下、スタートラインの高さと言う）が 200 ～ 250 mm の範囲で傾きが調整される が、予選チャレンジ・制御レースのスタートラインの高さは、①の目標タイムと同時に示される。
- ③斜面の機体保持エリアからスタートした機体には、それがゴールラインを超えて計時が終わるまで触れてはいけない。ただし、機体の前後の車輪のすべてがハンドリングエリアに乗った以降で、機体そのエリア内にあれば、進行方向調整のために一度だけ 機体に手で触れることができる（おもりの増減等はできない）。なお、そうした場合は、減点の対象 となる。
- ④機体がコースのチャレンジエリア側面のガードに当たっても、システムで計時されていればゴール、すなわち完走が認められる。
計時できなければそのレースは未完走となり、走行タイムを計測できなかったことによる得点のみが与えられる。なおハンドリングエリア以外の領域で機体に触れた場合も、レースは未完走の扱いとなる。
- ⑤制御レースでは、競技の進行上、自チームのレースの呼び出しがあるまでは、**待機・調整場所** に置いた機体に触れることはできないが、制御レース終了後は、**待機・調整場所** を含め、**機体調整** を行うことができる。

(1.3) 予選チャレンジ・バンプレース

- ①コースの機体保持エリアからスタートした機体がチャレンジエリアに設置された3つのバンプレースを乗り越えつつ、できるだけ短い時間でチャレンジエリアを走り切れるかを競うとともに、スタート時に載せた積載物内のボールを落とさずに走行できるかを競う。
- ②バンプレースはチャレンジエリア（エリア境界ラインからゴールラインまでの2100 mm）に525 mm 間隔で置かれ、エリア境界ライン側から「第1バンプレース」「第2バンプレース」「第3バンプレース」と呼ばれる。予選チャレンジでは第1バンプレースは15 mm 角、第2・3バンプレースは9 mm 角のヒノキ角材が置かれる（製作材料として送付されるものと同じもの）。
- ③コースの斜面は、スタートラインの高さが200～250 mm の範囲で傾きが調整されるが、制御レースのときとは異なるスタートラインの高さに設定される（競技に先がけて行われるガイダンス内で示される）。
- ④積載物は図2左の状態上台車に乗せるが、その際、図2右Aのフタを両面テープを使って台車に固定すること。
- ⑤機体の前後の車輪のすべてがハンドリングエリアに乗った以降で、機体はそのエリア内にあれば、機体調整（おもりの増減や機体内での構成物の位置変更等）および進行方向調整のため機体に手で触れて構わない。この場合は、制御レースと異なり減点の対象とならない。
- ⑥機体がコースのチャレンジエリア側面のガードに当たっても、システムで計時されていればゴール、すなわち完走が認められる。
計時できなければそのレースは未完走となるが、バンプレースクリアおよび積載物内のボールの状況による得点が与えられる。なおハンドリングエリア以外の領域で機体に触れた場合は、バンプレースでの最低点のみが与えられる。

(1.4) 決勝チャレンジ・バンプレース

決勝チャレンジでは、予選チャレンジ・バンプレースと同様のレースを行うが、回数は1回のみであり、また、予選チャレンジとは斜面の傾きとバンプレースの種類および並び順が異なり、それらは予選チャレンジ終了後に示される。

(2) 競技上の注意事項

- ①選手は安全上の必要に応じ、試行・調整およびチャレンジ中に軍手と保護メガネを着用すること。
- ②（1.1）⑦の試行・調整の時間内に、機体がシステムに感知されるかを確認するため、以下の作業を確実に行うこと。
 - ・まず、手を使ってシステムが正常に作動することを確認する。
 - ・次に、機体を走行状態でエリア境界ラインのセンサーに感知させ、続けてゴールライ

ンのセンサーに感知させ、計時が正しく行われることを確認する。

- ③予選チャレンジの各組は開始から終了まで10分（前半の試行約5分を含む）以内、同じく決勝チャレンジは8分（前半の試行約5分を含む）以内で終了できるよう、迅速に行動すること。
- ④各コースは、他コースの選手同士が重なり合わないよう考慮して配置しているが、特にチャレンジに際しては、コースへの選手の配置を事前に考えるとともに、チャレンジ中は他チームの行動を妨げることのないよう常に目配りをして、不測の事態を回避すること。
- ⑤コースの構築物（長机、斜面のアカシア集成材板、斜面の傾斜調整用の箱等、平面のプラダン、側面のガードおよびシステム用のマイコンやセンサー、ケーブル類）には、衝撃等、強い力が働かないように注意する。特にシステムは正確な計時記録を取るためのものなので、破損することのないように細心の注意を払うこと。

（３） 競技に際する失格について

以下の行為および以下の場合があったと認められるチームは失格とし、この競技の得点を0点とする。

- ・ 審判の指示に従わない行為
- ・ 他のチームの競技実施を故意に妨げる行為
- ・ 競技中に他のチームの解法を盗み見る・聞く等の行為
- ・ チャレンジ中にリモートにより機体を操作する行為
- ・ パソコン・タブレット・スマートフォン等を使つてのネット検索、外部からの情報収集、選手以外の関係者との連絡等をする行為
- ・ 競技問題の解法に関するチーム関係者（引率教員やこの競技に出場していないチームメート等）との相談
- ・ 競技に対して不誠実な態度で取り組むこと
- ・ その他、競技の公正な実施や円滑な運営を著しく妨げる行為

7. 製作材料および工具

（１） 機体の製作のため事前配付する材料

各代表校で機体を製作するための材料として事前に送付したものを製作材料（〔巻末資料〕 事前に送付した製作材料）に示す。大会当日、これらは会場に用意されない。

（２） 競技当日の会場で調整等に用いる材料・工具類

機体調整のため、必要と思われる工具類を持ち込むことを認める（ただし、会場には電源は用意されていない）。また、持ち込める材料は製作材料の余りとする。

筆記用具や試行で得られたデータ、チャレンジのための戦略に関する資料は持ち込んでよいが、データ等を閲覧するためにパソコンやタブレット、スマートフォンなどの電子機器を持ち込むことはできない。なお、持ち込んだ工具類は、機体に載せることはできない。

8. チャレンジで使用するコースについて

各チームがチャレンジ、およびそれに先立つ試行に使用するコースは、図5、7のように、長机（長さ：1800 mm，幅：600 mm，高さ：700 mm）4脚を長さ方向につなげ、天板を水平にして高さを揃えた上に、以下の（１）と（２）が設置される。

（１） 機体が下降する斜面

長さ：2100 mm，幅：500 mm，厚さ：15 mm のアカシア集成材板からなる。

下端は長机上でプラダンと密着するように設置される（約 10 mm の段差がある）が、プラダンおよび長机とは、テープ類で固定されてはいない。また、長机上のプラダンに密着させるにあたり、斜面の幅の中心はプラダンのそれに一致する（プラダンの左右に 25 mm ずつはみ出す）位置に置かれる。

傾斜は、斜面と長机の間にプラスチックコンテナなどをはさみ、スタートラインの高さが 200 ～ 250 mm の範囲になるように設定される。

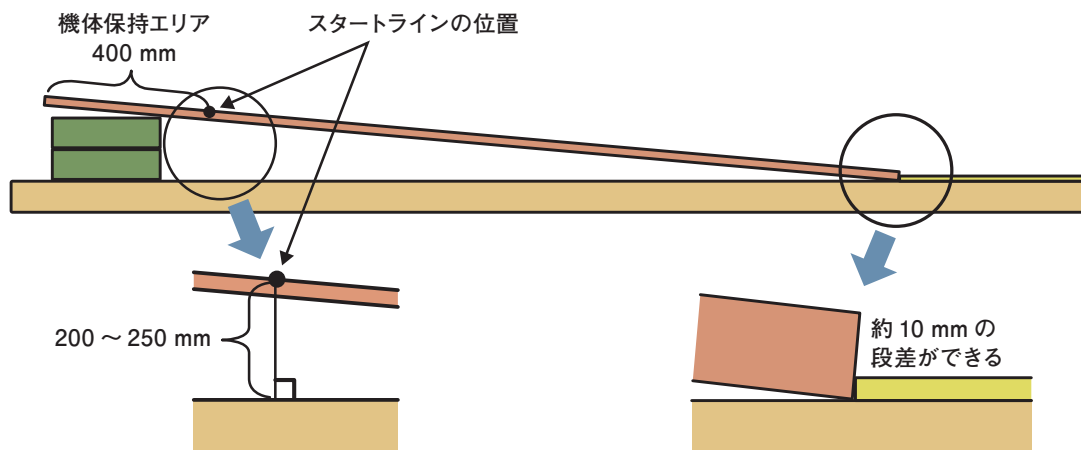


図4 機体が下降する斜面

○スタートライン

斜面上端から下降方向 400 mm の位置で長さ方向に垂直になる幅員いっぱいになら引かれている。

○機体保持エリア

斜面上端からスタートラインまでの範囲であり、スタートの合図まで手を使って機体をこのエリア内で保持する。なお、機体の先頭がスタートラインを超えなければ、機体の一部がこのエリアから出ても構わない。

(2) 機体が移動する平面

長さ：1800 mm，幅：450 mm，厚さ：4 mm のプラダンを長さ方向に 2 枚，透明梱包テープを使ってつなげ，ゴールラインがある側の端が長机の端から 400 mm になるように長机上に置く（長机天板の余白が左右等しく 75 mm ずつになるようにする）。そのようにしたプラダンの両端付近の裏側と長机を両面テープで接着し，固定する。

○ハンドリングエリア

斜面末端からエリア境界ラインまでの 1200 mm の範囲であり，機体のすべての車輪がここにあると，状況および必要によって走行中の機体に手で触れることができる。ただし，制御レースでの接触は，減点の対象となる。

○エリア境界ライン

ゴールラインから斜面側 2100 mm の位置で長さ方向に垂直になる幅員いっぱいに引かれている。なお，このラインの外側（長机上）には，システム用のユニットが向かい合わせに設置され，このラインを機体が横切ることで，システムによるタイム計測が開始されるようになっている。

○チャレンジエリア

エリア境界ラインからゴールラインまでの範囲であり，システムによりタイム計測が行われる。前述のように両ラインの外側に図 3 のユニットが置かれるが，その間（機体の走行方向）のプラダンの横には機体のガードとして約 2000 mm の長さに渡って 30 mm 角ホワイトアングルが設置されている。

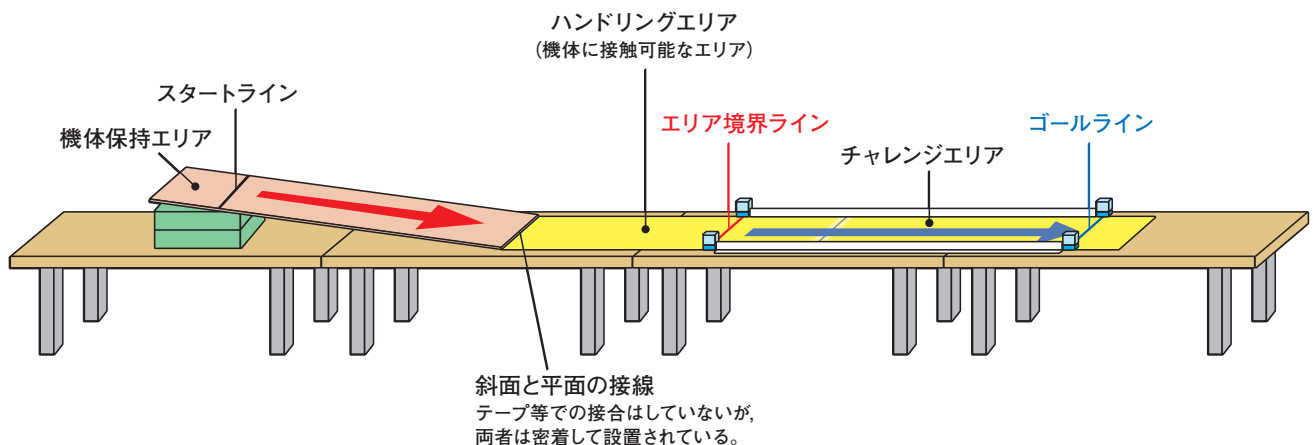


図 5 制御レースコースの説明

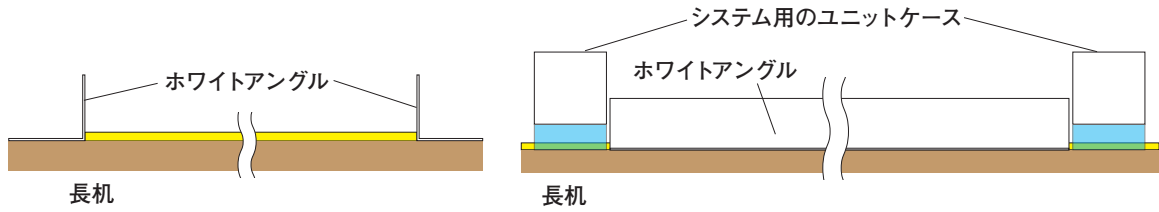


図6 進行方向から見た断面図（左）と進行方向横から見た立面図（右）

バンプレースでは 525 mm 間隔で 3 つのバンプが設置される。なお、バンプには 9 および 15 mm 角のヒノキ材と 30 mm ホワイトアングル（製作材料にあるものと同じ）の 3 種類があり、チャレンジエリアに引かれた 525 mm 間隔のバンプ位置を示すラインに置かれる。

バンプの置き方

- ヒノキ角材の場合、4 つある内の 1 面に両面テープを貼り、その面がバンプ位置を示すラインからゴールライン寄りを覆うように貼り付ける。
- ホワイトアングルの場合、直角の部分が上を向くようにしてバンプ位置を示すラインのゴールライン寄りを覆う（頂点がゴールライン寄りになる）ように置かれ、伏せた内側の縁とプラダンをマスキングテープで貼り付ける。

○ゴールライン

斜面の反対側のプラダン末端から 300 mm の位置で長さ方向に垂直になる幅員いっぱいに引かれている。なお、このラインの外側（長机上）にも、エリア境界ラインと同じシステム用のユニットが向かい合わせに設置されていて、機体がゴールラインを通過すると、システムによるタイム計測が終了する。

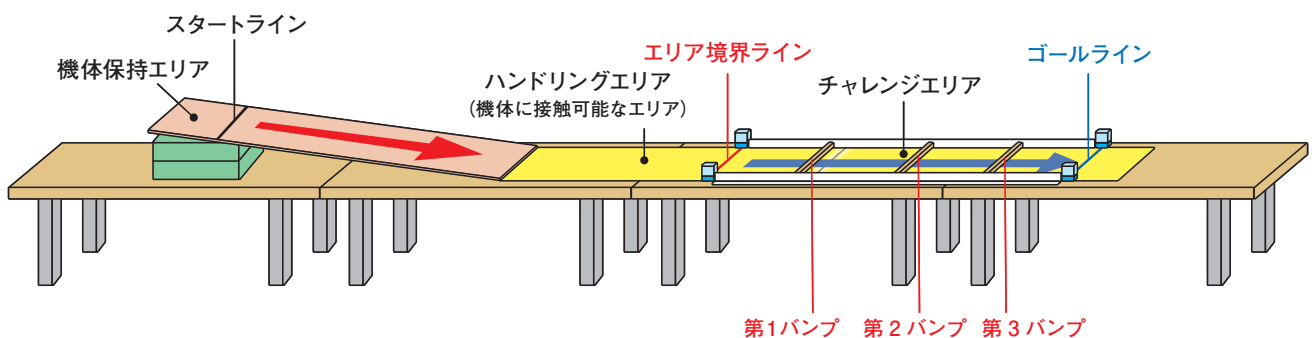


図7 バンプレースコースの説明

9. 競技会場について

会場となるアリーナのフロアには、保護シートが敷き詰められ、待機・調整場所と試行およびチャレンジで使用するコースが設定される。

(1) 待機・調整場所

アリーナフロアの保護シート上、正面ステージに向かって左右の壁沿いが待機・調整場所のエリアになる。ここに置かれた長机1脚と椅子4脚が各チームの待機・調整場所になる。各机の横には、A1～L4の表示が吊り下げられる。大会当日、長机の上には軍手、保護メガネ、問題冊子（以上、人数分）、機体運搬用トレイ、キッチンスケールが配られる。

また、各チームの待機・調整場所は、同じコースを使う4チーム分で1つのグループを形成する。

※グループについて

48チーム（甲子園ジュニアから招待の1チームを含む）は、4チームごとに12グループに分類され、各グループ内で番号が割り付けられている（グループAであれば、A1～A4）。予選チャレンジは、グループの番号順となるので、注意すること。

(2) 試行およびチャレンジで使用するコース

アリーナフロアの保護シート上、正面ステージに向かって、上記（1）待機・調整場所の間がコースのエリアになる。

全部で14コースが設置され、その内12コース（A～L）が上記グループに割り当てられたコースとなる（決勝チャレンジは抽選で使用コースが決まる）。

残りの2コースは、グループに割り当てられたコースが何らかの事情で使用継続ができないと判断された場合の予備として設置される。各チームは、状況によって予備コースでチャレンジを行う場合がある。

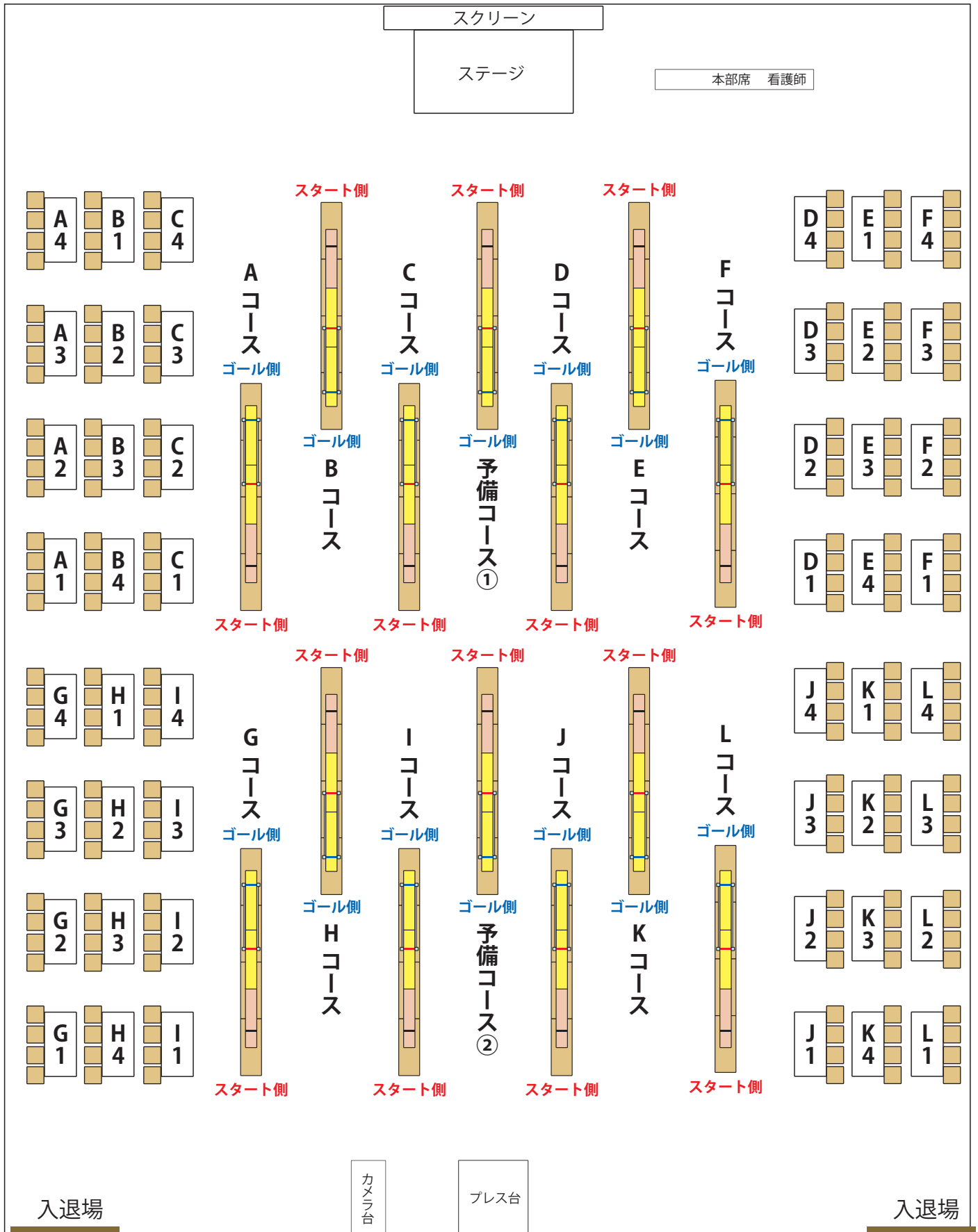


図 8 会場配置図

10. 競技当日の流れと競技の進行

(1) 競技当日の流れ

経過時間	時 刻	時間 (分)	進 行		
25 分前	15 : 40 ~ 15 : 45	5	入 場		
20 分前	15 : 45 ~ 15 : 55	10	着席・出席確認・報告		
10 分前	15 : 55 ~ 16 : 05	10	ガイダンス		
0	16 : 05 ~ 16 : 25	20	検 査		
20 分	16 : 25 ~ 16 : 33	8	修正・再検査および結果通知		
28 分	16 : 33 ~ 16 : 43	10	予選チャレンジ	① 制御レース	予選第Ⅰ組 (12 チーム)
38 分	16 : 43 ~ 16 : 53	10			予選第Ⅱ組 (12 チーム)
48 分	16 : 53 ~ 17 : 03	10			予選第Ⅲ組 (12 チーム)
58 分	17 : 03 ~ 17 : 13	10			予選第Ⅳ組 (12 チーム)
68 分	17 : 13 ~ 17 : 18	5		調整時間	
73 分	17 : 18 ~ 17 : 28	10		② バンプレース	予選第Ⅰ組 (12 チーム)
83 分	17 : 28 ~ 17 : 38	10			予選第Ⅱ組 (12 チーム)
93 分	17 : 38 ~ 17 : 48	10			予選第Ⅲ組 (12 チーム)
103 分	17 : 48 ~ 17 : 58	10			予選第Ⅳ組 (12 チーム)
113 分	17 : 58 ~ 18 : 09	11	予選集計 決勝チャレンジ進出チーム選定		
124 分	18 : 09 ~ 18 : 18	9	決勝チャレンジ進出チーム発表・コース抽選		
133 分	18 : 18 ~ 18 : 26	8	決勝チャレンジ (12 チーム)		
141 分	18 : 26 ~ 18 : 37	11	結果発表・インタビュー		
152 分	18 : 37 ~ 18 : 40	3	事務連絡・退場指示		
155 分	18 : 40 ~ 18 : 50	10	選手移動・退場完了		

(2) 競技の進行

■ 入場・ガイダンス (25 分)

- ① アナウンスの指示に従って入場し、事前に指定された待機・調整場所に着席する。
- ② アナウンスにより競技に関するガイダンスを受ける。なお、このとき予選チャレンジにおける制御レースでの斜面の傾きおよび目標タイム、バンプレースでの斜面の傾きが示される。

■ 検査 (20 分)

- ③ 機体の寸法および使用されている材料について審判が検査を行う。3D プリンタでの製作物を使用している場合は、自己申告の上で説明し、それに関する資料も提出する。
- ④ 機体が合格と判断された場合、審判から都道府県シールが渡されるので、機体の外から見える場所にそのシールを貼る。その後、機体を機体運搬用トレイに載せて待機・調整場所の机上に置き、予選チャレンジ・制御レースでコースに持って行くまでは触れてはならない。チーム内での作戦会議は行ってよい。

■ 修正・再検査および結果通知 (8 分)

- ⑤ 上記検査で機体が合格と判断されなかったチームは、アナウンスの指示に従って約 5 分以内に審判から指摘があった箇所の修正を行った後、審判による再検査を受け、合格した場合は、上記④の内容に従う。合格しなかった場合は失格となり、以降の競技には参加できない。

■ 予選チャレンジ・制御レース 第Ⅰ～Ⅳ組 (各 10 分 計 40 分)

- ⑥ アナウンスにより、予選第Ⅰ組の 12 チームは、必要に応じて軍手と保護メガネを着用した上で、待機・調整場所から機体運搬用トレイにのせた機体、キッチンスケールおよび必要があれば調整に必要な材料・工具を持って指定のコースに移動する。
- ⑦ スタート準備のアナウンスが入るまでの最初の約 5 分で試行・調整ができるが、この中で、機体がシステムに感知されるよう、確認および調整を終わらせる。また、調整中にシステムに異常等が見られた場合は、即座に審判に申し出ること。
- ⑧ スタート準備のアナウンス直後に機体を持った選手は機体保持エリアの横で持ってきたキッチンスケールを使って機体の重量を測定する。重量オーバーの場合は、素早く修正する。その後、機体保持エリアに進行方向を前にして機体を置き、手で支える。他の選手は事前に考えた配置場所に着く。
- ⑨ 全チームの準備完了確認後、カウントダウンに続く“Go！”の合図で機体から手を離す。以降、機体がゴールするまで触れてはいけない。なお、機体の前後の車輪のすべてがハンドリングエリアに乗って以降、選手は進行方向調整のためハンドリングエリア内で一度だけ機体に触れることができるが、触れた場合は、減点とされる。
- ⑩ 機体がエリア境界ラインを過ぎゴールラインに達するまで走行させ、システムによる

計時が完了したら、代表選手は審判とともにシステムの数値を確認する。

ゴールラインに達せずにシステムの数値が記録できなかった場合は、その状況を審判とともに確認する。

- ⑪ ⑩での確認後は、2回目のスタート準備のアナウンスまでの間で機体調整を行うことができるが、そのアナウンスがあったら⑧と同じ手順でスタートに備え、⑨～⑩の手順で2回目のレースを行い、終了後は、持ってきたものすべてを持って各待機・調整場所に戻る。その後、アナウンスの指示に従い、制御レースの予選第Ⅱ～Ⅳ組を同様に行う。

■ バンプレース用に機体調整 (5分)

- ⑫ 各チームの待機・調整場所で、バンプレースに向けた機体調整や作戦会議を行うことができる。

■ 予選チャレンジ・バンプレース 第Ⅰ～Ⅳ組 (各 10 分 計 40 分)

- ⑬ アナウンスにより、予選第Ⅰ組 12 チームは、必要に応じて軍手と保護メガネを着用した上で、待機・調整場所から機体運搬用トレイにのせた機体、キッチンスケールおよび必要があれば調整に必要な材料・工具を持って指定のコースに移動する。各校に配られた積載物をコースに持ってきてはいけない。

- ⑭ スタート準備のアナウンスが入るまでの最初の約5分で試行・調整ができるが、システムについては、制御レース時と同様に確認・調整を終わらせ、システムに異常等が見られた場合は、即座に審判に申し出ること。また審判から事前に送られていたものと同じ積載物が渡されるので、底面となる透明円筒のフタを積載物全体が乗る台車の位置に両面テープを使って貼り付けた上で、試行に用いる。

- ⑮ スタート準備のアナウンス直後に機体を持った選手は機体保持エリアの横で持ってきたキッチンスケールを使って機体の重量を測定する。その際、⑭で貼ったフタの位置に図2の左写真の状態（以下、初期状態と言う）で積載物を台車に置く。重量オーバーの場合は、素早く修正する。その後、機体保持エリアに進行方向を前にして、初期状態のボールが落ちないように注意しながら機体を置き、手で支える。他の選手は事前に考えた配置場所に着く。

- ⑯ 全チームの準備完了確認後、カウントダウンに続く“Go！”の合図で機体から手を離す。以降、機体がゴールするまで触れてはいけないが、機体の前後の車輪のすべてがハンドリングエリアに乗った以降、選手は機体調整および進行方向調整のためにハンドリングエリア内で機体に触れることができる。このレースではこの作業は減点の対象とならない。

- ⑰ 機体がエリア境界ラインを過ぎゴールラインに達するまで走行させ、システムによる計時が完了したら、代表選手は審判とともにシステムの数値および積載物のボールの状態を確認する。

ゴールラインに達しなかった場合、代表選手は審判とともにバンプのクリア状況および

積載物のボールの状態を確認する。

- ⑱ ⑰での確認後は、2回目のスタート準備のアナウンスまでの間で機体調整を行うことができるが、そのアナウンスがあったら⑮と同じ手順でスタートに備え、⑯～⑰の手順で2回目のレースを行い、終了後は、持ってきたものすべてを持って各待機・調整場所に戻る。その後、アナウンスの指示に従い、バンプレースの予選第Ⅱ～Ⅳ組を同様に行う。

■ 予選集計・決勝チャレンジ進出チーム選定（11分）

- ⑲ 予選チャレンジの集計およびその結果に基づく決勝チャレンジ進出チームの選定が行われる。選手は待機・調整場所で待機するが、このとき決勝チャレンジでの斜面の傾きおよびバンプの種類と並び方が示されるので、決勝チャレンジに向けて、機体調整を行うことができる。

■ 決勝チャレンジ進出チーム発表・コース抽選（9分）

- ⑳ アナウンスにより決勝チャレンジ進出チームが発表されるので、呼ばれたチームの代表選手は、指定された場所に集合し、指示に従ってコースの抽選に参加する。その後チームに戻り、予選チャレンジのときと同様の準備をして抽選で決まったコースへの移動に備える。

■ 決勝チャレンジ（8分）

- ㉑ 決勝チャレンジに進んだチームは、予選チャレンジの⑬～⑰にならって決勝チャレンジを完了する。

■ 結果発表・インタビュー（11分）

- ㉒ 決勝チャレンジの結果集計が終わるまでの間で、アナウンスの指示により全チームは各待機・調整場所の片付けを行う。
- ㉓ 集計結果に基づいて暫定の第1位が発表されるので、当該チームは登壇し、インタビューを受ける。

■ 事務連絡（3分）

- ㉔ インタビュー終了後、全選手はアナウンスによる事務連絡や競技の終了宣言を聞いた後、退場の指示に従って速やかに退場する。

11. この競技における得点および順位

（1）競技の記録および【チーム得点】について

① 競技の記録

- 予選チャレンジ・制御レースではシステムにより計測した走行タイムおよびハンドリングエリアでの接触状況が、同・バンプレースでは走行タイムと積載物のボールの状態が、審判によって確認の上、記録される。なお、両レースで機体がゴールラインまで達しなかった場合、制御レースでは未完走であることが、バンプレースではバンプのクリア状況が記録される。

- 決勝チャレンジでは、走行タイムおよび積載物のボールの状態が、審判によって確認の上、記録される。なお、機体がゴールラインまで達しなかった、すなわちシステムによる計時がされなかった場合、バンプのクリア状況が記録される。
- ② 各チャレンジの得点算出の方法および【チーム得点】
 - 予選チャレンジ・制御レースでの得点

以下の式に各チームの走行タイムを代入して算出された値で、2回のレースで高い方とする（式中の $|\text{目標タイム (秒)} - \text{走行タイム (秒)}|$ は、タイム差の絶対値を表している）。なお、ハンドリングエリアでの接触があった場合は、下式で求められる「 $|\text{目標タイム (秒)} - \text{走行タイム (秒)}|$ 」の値に2を追加した数値で計算を行う。

予選チャレンジ・制御レースの得点

$$= 300 - \frac{|\text{目標タイム (秒)} - \text{走行タイム (秒)}| \times 500}{\text{目標タイム (秒)}}$$

例：目標タイムが24秒で走行タイムが26.34秒の場合、

$$\begin{aligned} & 300 - (|24 - 26.34| \times 500) \div 24 = 300 - (2.34 \times 500) \div 24 \\ & = 300 - 48.75 = 251.25 \end{aligned}$$

なお、機体がゴールラインまで達せず、走行タイムが計測されなかった未完走の場合の得点は、一律50とする。また、上式に当てはめて算出された数値が50より少なくなる場合も、算出された数値によらず50とする。

- 予選チャレンジ・バンプレースでの得点

○走行タイムが記録されたチームについて

積載物のボールを落とさなかったチームを保持グループ、積載物のボールが落ちたチームを落下グループとし、それぞれの中で走行タイムが短かった順で並べる。

保持グループについて

最上位の点を300とする。チーム数が n ($n > 1$) であった場合、最上位からの順位差1につき、以下の式に基づく得点差をつける。

$$\text{順位差 1 当たりの得点差} = \frac{100}{2n}$$

走行タイムが同じだったチームの得点は、該当する順位の得点が与えられる。

落下グループについて

最上位の点を200とする。チーム数が m ($m > 1$) であった場合、最上位からの順位

差 1 につき，以下の式に基づく得点差をつける。

$$\text{順位差 1 当たりの得点差} = \frac{20}{m}$$

走行タイムが同じだったチームの得点は，該当する順位の得点が与えられる。

例：保持グループが 14 チーム，落下グループが 22 チームであった場合，

保持グループでの順位差 1 当たりの得点差

$$= 100 \div (2 \times 14) = 100 \div 28 = 3.57\cdots$$

この場合，最上位が 300，その次が 296.42 $\cdots$ ，最下位（保持グループの 14 番目）は 253.57 $\cdots$ となる。

落下グループでの順位差 1 当たりの得点差

$$= 20 \div 22 = 0.90\cdots$$

この場合，最上位が 200，その次が 199.09 $\cdots$ ，最下位（落下グループの 22 番目）は 180.90 $\cdots$ となる。

○走行タイムが記録されなかったチームについて

以下の表に当てはまるバンプクリアおよび積載物のボールの保持・落下状況に応じた得点とする。

表 1 機体がゴールラインまで達せずに停止したときのバンプクリア状況に応じた得点

番号	前輪の位置	後輪の位置	得点	
			保持	落下
①	「第1バンプ」より手前のプラダンの上		115	50
②	「第1バンプ」の上	「第1バンプ」より手前のプラダンの上	120	55
③	「第1バンプ」より先のプラダンの上	「第1バンプ」より手前のプラダンの上	125	60
④	「第1バンプ」より先のプラダンの上	「第1バンプ」の上	130	65
⑤	「第2バンプ」より手前のプラダンの上		135	70
⑥	「第2バンプ」の上	「第2バンプ」より手前のプラダンの上	140	75
⑦	「第2バンプ」より先のプラダンの上	「第2バンプ」より手前のプラダンの上	145	80
⑧	「第2バンプ」より先のプラダンの上	「第2バンプ」の上	150	85
⑨	「第3バンプ」より手前のプラダンの上		155	90
⑩	「第3バンプ」の上	「第3バンプ」より手前のプラダンの上	160	95
⑪	「第3バンプ」より先のプラダンの上	「第3バンプ」より手前のプラダンの上	165	100
⑫	「第3バンプ」より先のプラダンの上	「第3バンプ」の上	170	105
⑬	「ゴールライン」より手前のプラダンの上		175	110

・【チーム得点】について

上記（１）の②の制御レースの得点とバンプレースの得点（それぞれ 2 回の高い方の得点）を合計したものを【チーム得点】とする。

(2) 決勝チャレンジ進出チームの選定について

以下の手順で選定する。

予選チャレンジでの【チーム得点】上位 12 チームを決勝チャレンジ進出とする。

※【チーム得点】が同点の場合

- i) 【チーム得点】内のバンプレースの得点が高い方を上位とする。
- ii) i) で差がつかない場合は予選チャレンジの計 4 回のレース得点の合計が高い方を上位とする。
- iii) ii) で差がつかない場合は、バンプレースで機体の重量（高得点の方）が大きい方を上位とする。

(3) 全チームの順位および競技得点について

① 決勝チャレンジ進出チームの順位

決勝チャレンジでの記録を (1) の②の「予選チャレンジ・バンプレース」での得点に基づいて算出し、【決勝チャレンジ得点】とする。

【決勝チャレンジ得点】の高い順に順位をつけて並べ、

- i) 同点がなかった場合はその順で 1 位から 12 位までを決定する。
- ii) i) で差がつかない場合は、予選チャレンジでの【チーム得点】が高い方を上位とする。
- iii) ii) で差がつかない場合は、予選チャレンジ 4 レースの合計点が高い方を上位とする。
- iv) iii) で差がつかない場合は、決勝チャレンジでの機体の重量が大きい方を上位とする。

② 決勝チャレンジ進出チームの【競技得点】

決勝チャレンジ進出チームの【競技得点】は次のとおりとする。

1 位 240 点 2 位 230 点 3 位 220 点 4 位 210 点 5 位 200 点 6 位 190 点

7 位 180 点 8 位 175 点 9 位 170 点 10 位 165 点 11 位 160 点 12 位 155 点

ただし、同順位のチームが複数ある場合は、該当するチームに当該順位の競技得点を与える。

例：上位から 4 番目に同順位の 2 チームがあった場合は、それぞれ競技得点 210 点を与えられる（5 位に相当する 200 点のチームなし）。

③ 決勝チャレンジ進出以外のチームの競技得点と順位

決勝チャレンジ進出以外の最上位（13 位）チームの【競技得点】は 150 点とし、それ以降のチームの【競技得点】は、以下の式から算出される数値とする（失格したチームは【チーム得点】が 0 点なので、【競技得点】も 0 点となる）。

決勝チャレンジ進出以外のチームの【競技得点】

$$= \frac{\text{当該チームの【チーム得点】}}{\text{決勝チャレンジ進出以外のチームの最上位の【チーム得点】}} \times 150$$

（小数点以下四捨五入）

【競技得点】が同じチームは同順位とし、その次の【競技得点】のチーム順位は、それらのチーム数に応じて低い数の順位とする（例：同点 15 位が 3 チームあった場合、次のチームの順位は 18 位となる）。

事前に送付した製作材料

No.	品目		数量	仕様・特徴など
1	プラダン		1 枚	幅：約 450 mm, 長さ：約 900 mm, 厚さ：4 mm ポリプロピレン製
2	MDF 板		1 枚	縦・横：約 450 mm, 厚さ：5.5 mm
3	工作用紙		4 枚	320 × 450 mm, 紙厚：350 g/m ²
4	ヒノキ角材		2 本	9 mm 角, 長さ：約 900 mm ※バンプレースに使われるバンブと同じものである。
			2 本	10 × 5 mm 角, 長さ：約 900 mm
			1 本	15 mm 角, 長さ：約 900 mm ※バンプレースに使われるバンブと同じものである。
5	ホワイトアングル		各 1 本	15 mm 角, 長さ：約 1000 mm 30 mm 角, 長さ：約 500 mm ※ 30 mm 角のものは, バンプレースに使われるバンブと同じものである。
6	金属丸棒	ステンレス製	2 本	長さ：300 mm, 太さ：φ 3 mm
		アルミ製	4 本	長さ：300 mm, 太さ：φ 3 mm ※曲がりやすいので, 注意して使用すること。
			2 本	長さ：300 mm, 太さ：φ 6 mm
7	輪ゴムプラプーリー		6 個	外径：φ 50 mm, 穴径：φ 3 mm 穴に通した軸を固定するネジ付き ※負荷のかかり方によっては金属部分が取れることがある。大きな負荷や繰り返しの負荷がかからないように注意して使用すること。
8	フランジ(シャフトホルダ)		4 個	軸穴径：φ 6 mm, 軸固定用ネジ付き 平面接地部：直径φ 28 mm, 高さ 15 mm
9	ゴムバンド		8 本	# 25 内径：φ 63.5 mm, 折径：100 mm 幅：15 mm, 厚さ：1.1 mm
			8 本	# 35 内径：φ 89 mm, 折径：140 mm 幅：21 mm, 厚さ：1.1 mm
			8 本	# 45 内径：φ 114.5 mm, 折径：180 mm 幅：21 mm, 厚さ：1.1 mm
10	ストロー		10 本	直径：約φ 6 mm, 長さ：約 210 mm, 樹脂製
11	チューブ	ビニール製	各 1 本	外径：φ 8 mm, 内径：φ 6 mm, 長さ：約 250 mm
				外径：φ 10 mm, 内径：φ 6 mm, 長さ：約 250 mm
				外径：φ 12 mm, 内径：φ 6 mm, 長さ：約 250 mm
		ウレタン製	1 本	外径：φ 20 mm, 内径：φ 6 mm, 長さ：約 250 mm
12	ボルト		40 本	M6, ネジ長：15 mm
13	鍋ネジ		各 20 本	M3, ネジ長：15 mm, 30 mm
14	ナット		各 40 個	M6 および M3
15	ワッシャー		各 80 枚	M6 および M3 用

16	ミニ金具 L 型 (鉄/ニッケルメッキ)	4 個	寸法：27 × 27 mm，幅：9.5 mm 厚さ：1.6 mm，穴径：φ 3.2 mm，穴数 4
17	油ねんど	2 袋	300 g
18	セロハンテープ	1 巻	ニチバン製セロテープ® (CT-15DCY) 幅：15 mm，長さ：9 m，小巻カッター付き
19	マスキングテープ	1 巻	和紙製，幅：18 mm × 18 m，厚さ：0.09 mm
20	ビニールテープ	1 巻	幅：19 mm，厚さ：0.2 mm
21	両面テープ	1 巻	幅：15 mm × 5 m ナイスタック NW-K15SF 強力タイプ， 基材（不織布）＋粘着剤（アクリル系）の厚さ：0.15 mm
22	接着剤	－	※輸送の都合上，配付できないので，必要に応じた種類 のものを各校で用意すること。なお，グルーガンでの 接着も可。
23	ベアリング（開放型）	10 個	内径：φ 3 mm，外径：φ 6 mm
		12 個	内径：φ 6 mm，外径：φ 17 mm

※ 23 は配布状態ではグリスが塗布されているが，状況に応じてそれを除去し，別の潤滑剤を塗布して使用する。

※ 写真にある材料のパッケージや袋，包装紙，テープ類の芯などを使用しても構わないが，パーツケース（8，12～16 および 23 入り），その他の材料をまとめたポリ袋，および送付用の段ボールは，材料として使用しないこと。

