

第16回数理科学コンクール課題

1. 課題の部は4つの課題を用意しました。いくつかの課題に解答してもかまいません。また、1つの課題にいくつ解答してもかまいません。例えば、実験をして見つけた解答と、実験をせずに考えた解答との2つの解答を提出してもかまいません。むしろ2種類以上の解答を歓迎します。その場合にはどうして答えが2つ以上になったかも説明してください。
2. グループで参加した諸君は、1つの課題に1つの解答でも、また、複数の解答でもかまいません。たとえば、協力して解答を考えたいけれども、途中から別々の結論を思いついた場合には、それぞれの参加者が別々に解答してもかまいません。その場合、1つの解答を一緒に提出する参加者の名前を、解答用紙に記入してください。たとえば、Aさん、Bさん、Cさん3人のグループで、AさんとBさんが1つの解答を、Cさんが1人で、別の解答を用意した場合には、Aさん、Bさんが用意した解答用紙には、グループ番号、AさんBさん2人の名前と参加番号を、もう1つのCさんの解答用紙にはグループ番号、Cさんだけの名前と参加者番号を記入してください。
3. 用意した解答用紙を何枚使用してもかまいません。ただし、異なる番号の課題は同じ解答用紙に記入しないでください。また、1つの課題に1つ以上の解答用紙を使った場合は解答用紙の記入欄に課題ごとの通し番号と総枚数を入れてください。1つの課題に2つ以上の解答を提出する場合も同様に解答用紙の記入欄に課題ごとの通し番号と総枚数を入れてください。
4. 課題に関する質問は監督者に質問してください。どんな質問でもどしどし質問してください。
5. 5階のH-52講義室と5階のフロアーには解答を考えるための実験用の道具、教材、機器が用意してあります。何を使っても構いません。工具の利用法は監督者に相談してください。
6. ロボットの部は、第1日目にロボットの動作に関するプログラムの講習を受けてください。第2日目(課題の部実施日)にプログラムを作成し、第2日目の午後3時以降に動作評価のためのコンテストを実施します。

課題の部

課題 1 人間や哺乳類が歩行するとき、手や足が振子として重要な役割をしています。この性質を考慮して以下の問いに答えなさい。

問 1 脚の長さ l が変化するとき、歩行速度はどのように変化するか力学的に考察しなさい。

問 2 脚の長さ l が変化するとき、走行速度はどのように変化するか力学的に考察しなさい。

問 3 最も楽に (エネルギーを消費せずに) 移動する (歩行もしくは走行で) 速度を考察しなさい。

課題 2 日常生活でセロテープやガムテープなど、いろいろな種類のテープを使います。テープを貼れば、剥がすこともあります。テープを剥がす時にいろいろな方向や速度で引っ張りますが、どのような方向に、どのような速さで引っ張ると、力が少なくてテープを剥がすことができるでしょうか？ もしくは、貼った絆創膏をどのように剥がしたら最も痛くないか考察しなさい。

課題 3 50 年位前, 昭和の中ごろまでは, 小学生の正月の外での遊びの代表は, 凧揚げ, コマ回し, 羽子板でした. そのころの小学生はよく揚がる凧を工夫したものです. しかし, よく揚がる凧とはどのような凧のことなのでしょうか. そこで, 「よく揚がる凧」の定義を考え, その定義を満たす凧を作ることを考えてください.

課題 4 点の集合と点同士とを結ぶ辺の集合とからなる図形をグラフと呼びます。以下では、立方体 (cube) の頂点と辺からなるグラフを一般化して出来るグラフの性質を考察します。正方形は 2 次元の立方体なので 2-cube と呼ばれます。立方体は 3-cube です。数学では次元の低い方にも一般化を行います。2 点と 2 点を結ぶ直線からなるグラフは 1-cube です。n-cube は n 次元ユークリッド空間の超立方体の頂点と辺とからなるグラフです。n-cube に関して以下の問に答えなさい。

問 1 全ての辺の長さを 1 とします。ある点を 1 度だけ通過して点と点をつなぐ辺を辿り、異なる 2 点を結ぶ経路をパスと呼びます。あるグラフの上で、任意の 2 点 x, y を結ぶパス $p(x, y)$ の中でその長さ $|p(x, y)|$ の最小値 $|p(x, y)|^*$ を点 x, y の距離と呼びます。グラフ上で $|p(x, y)|^*$ の最大値をグラフの直径と呼びます。n-cube の直径を n の式で表しなさい。

問 2 点の位置や辺の長さを自在に変えて曲線も許すとき、辺が交わらないように平面に作図可能なグラフを平面グラフと呼びます。2-cube, 3-cube は平面グラフですが、4-cube はそうではありません。平面に描けないグラフを平面に描ける幾つかの部分に分解することができます。このとき、分解の最小数をグラフの厚さと呼びます。n-cube の厚さを n の式で表しなさい。

ロボットの部

課題 KJunior が用意してあります。各自でロボットの動作課題を考え、その動作を実現下さい。どのような動作課題を考えたかレポートを作成して下さい。動作の独創性、面白さを評価します。動作実演は 7月 14 日の午後 3 時に始めます。それまでに、動作プログラムを完成させてください。