

# 第20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だけでも、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つの解答と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. 2階のG-22講義室と2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

体の中には血管や食道, 腸など様々な管がある. これらは全て細胞でできている. 毛細血管のように非常に細く, 薄い細胞の膜でできた管を考えよう. 図 1 に示すように, 管が同じ大きさの六角形の細胞のみでできているとすると, 管の太さなど形や性質についてどのようなことが分かるか考察しなさい.

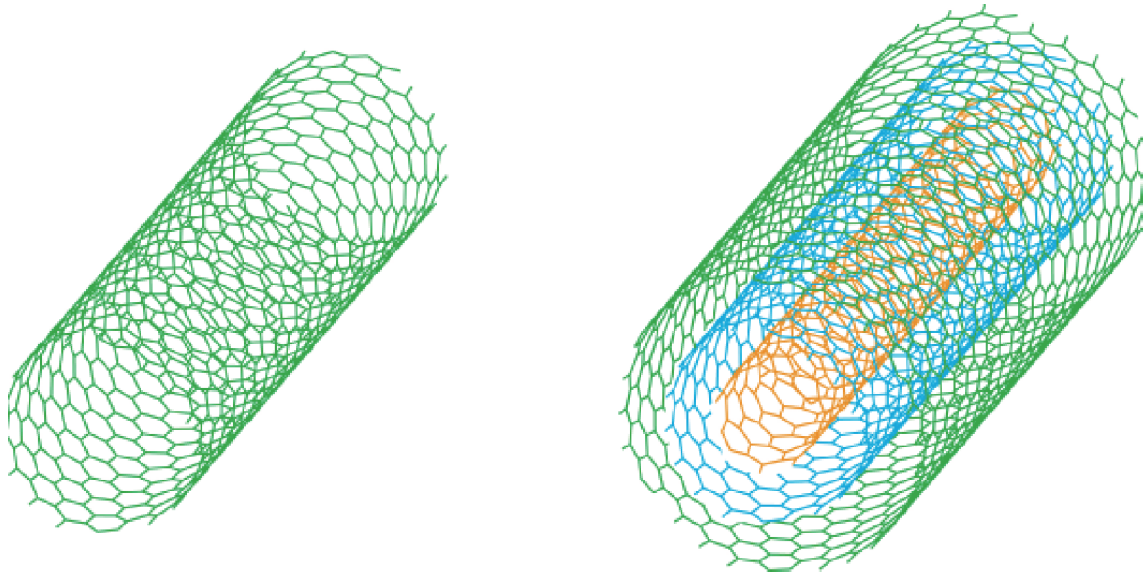


図 1: 6 角形網目の管:出展 Uryu Group, Iwate Univ. [web.cc.iwate-u.ac.jp](http://web.cc.iwate-u.ac.jp)

## 課題 2

地球上には様々な種類の樹木が生育している。高級家具に使われるような紫檀（マメ科ツルサイカチ属のうち、銘木として利用される数種の本木）や黒檀（カキノキ科カキノキ属の熱帯性常緑高木）などのように非常に密度が高く、硬い木もあれば、江戸時代には歯ブラシに利用され、楊枝に使われているしなやかな柳や非常に密度が小さく、柔らかいバルサ（アオイ目パンヤ科）もある。それぞれの樹木が子孫を残してきたのであるが、図2のように台風など嵐にあって、折れてしまうこともある。問1では、非常に強い風が吹くときに、樹木が折れないためには、柳のようにしなやかな樹木が有利なのかとても硬い木が有利なのだろうか？太さと長さはどのようなものが折れずに済むのか？実験をするなどして考察しなさい。



図 2: 倒木:出展 <http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevE.93.023001>

竹は日本の東北以南および東南アジアに自生する熱帯性の植物である。竹の成長速度は非常に速く、直径 15cm ほどのものでも、約 1 年で 10m 以上の高さに成長する。軽くて丈夫で加工しやすいことから、日本では土壁の骨材や天井材など建築材料として広く用いられてきた。中国や東南アジアの国々では、現在でも高層ビルの建築において鉄筋の代わりに用いられることがある。

問2 竹は高い強度と柔軟性を併せ持つ特異な植物といえる。その性質は竹の構造に負うところが多いと考えられる。竹の構造にはどのような特徴があり、それが強さと柔軟性を持たせるのにどのように寄与しているのか、観察、実験、工作なども踏まえて考察しなさい。

### 課題 3

SF において、宇宙における騎士道物語や、冒険活劇を取り上げるジャンルを「スペース・オペラ」という。テレビ・ドラマや映画の題材として取り上げられることが多い。有名な映画「スター・ウォーズ」シリーズや、「スター・トレック」シリーズは名監督が制作し全世界で公開され、興業的にも成功している。前者は神話に基づいた宇宙活劇であり、後者は科学に基づいた宇宙冒険ドラマである。ロボット工学の3原則(後に、より包括的な第零原則が追加される。)を生み出したことで、有名なアジモフのスペース・オペラ「銀河帝国興亡史」は、ギボンズの「ローマ帝国興亡史」に基づいて未来宇宙の架空の帝国史である。ハーバートの「砂の惑星」では、ゴシック小説的な幻想的中世世界観が展開されている。この小説は貴種流離譚(若い神や英雄が他郷をさまよいながら試練を克服した結果、尊い存在となるとする説話の一形態であり、例えば、ギリシャ古典叙事詩「オデュッセイア」もこの形式の物語である。)の典型であると共に「スター・ウォーズ」の世界観に影響を与えたともいわれている。また、テレビ・ドラマや映画に目を向けると、ほかの例もある。1960年代に制作された「スター・トレック」の最初のテレビ・ドラマシリーズは、ナポレオン時代の英国海軍士官を題材とした英国の国民的海洋冒険小説である「ホーンブローワー」シリーズの宇宙版として企画された。図3に示すように、17世紀から18世紀に活躍した武装商船は、船であると共に、海に浮かび、移動する(航行する)要塞でもある。

海洋冒険活劇を念頭に、遙か銀河の彼方の水の惑星「アクア」の上で繰り広げられる海戦をゲームとして設計することを考えてみよう。アクアの文明では、火薬は発明しているが、内燃機関はまだ発明されておらず、水上、海上の移動は自然エネルギーである風を利用した帆船を利用している。また、敵艦船が航行不能になったら、それ以上攻撃しないことが、人的被害を大きくしないために、惑星アクアの多国間で暗黙の了解となっている。そこで、敵帆船の帆やマストに砲火を集中させ敵戦艦を航行不能にする作戦がとられることになった。また、高速帆走船の帆の構造上の問題から、砲門は舷側に備え付けられている。

砲弾発射と着弾点予測を力学の問題として、敵戦艦のメインマストに着弾を集中させる問題を考えてみよう。

**問1** 各船団が、隊列を組み、互いに相対速度零で並列航行している場合に、どのように、着弾点を決めればよいか説明しなさい。

**問2** さらに、威力を増すために、多数の同僚船から射出した多数の砲弾を、同時に同じ場所に着弾させる手法を構成しなさい。

多数の僚船から一艘の敵船に着弾を集中させる戦略として、丁字戦略が知られている。これは、敵船団の前を横切りながら、敵船団の先頭艦に砲火を集中させる戦略である。

**問3** 上の「問1」、「問2」と同じことを丁字戦略について考えなさい。

惑星アクアのある国が、図4に示すように、甲板の前方上に設置した大砲を回転させて発射方向稼働とする回転式砲塔の開発に成功した。回転式砲塔を利用すると、敵船の航行を予測できれば、その位置に砲弾を着弾させることが可能となる。砲塔の回転は人力や動物力で行うためその回転速度は限られている。そのため、出来るだけ正確に発射方向を決める必要がある。

問4 敵戦艦の航路を予測する手法を考えなさい。何を観測し、何を決定すれば、運動する対象の動きを予測できるかを数理的に考えてください。



図3: 平行帆走による海戦: 出展 <https://en.wikipedia.org/wiki/Galleon>



図4: 回転式砲塔による攻撃: 出展 <http://guides.gamepressure.com/assassinscreediv/guide.asp?ID=22685>

#### 課題 4

人間が、物事を推理する処方は、大きく分けて、帰納と演繹とに分類される。演繹とは、

「多数の仮説、一般的事実、経験から、処理特殊な結論を導き出す方法論である。」

一方、帰納とは、

「個別的・特殊的な事例から一般的・普遍的な規則・法則を見出そうとする方法論。」

のことである。

人工知能とは、

「人間の知性を機械の上に実現した装置、あるいは機構である。」

このような、人工知能を、強い人工知能と呼ぶことがある。一方、

「人間の認識機能や感覚機能を模倣する機構。」

を弱い人工知能と呼ぶことがある。

現在の弱い人工知能は、計算機(コンピュータ)の上に、アルゴリズムを実行するプログラムによって実現されることがほとんどである。弱い人工知能だけを、人工知能、あるいは、実用的な人工知能と呼ぶこともある。高度であるが、弱い人工知能の例として、チェス、将棋、碁を指すコンピュータ、多数の薬効例から、ある病気の治療薬を探すシステムなどがあげられる。これらは実際に大規模な高速計算機によって実現されている。このようなシステムを実現するアルゴリズムの数学的基礎は探索と最適化である。

現在、弱い人工知能が種々の分野において実現され、実際の問題に適用されている。弱い人工知能の成功は、問題の解析と、その数学的記述法の開発、高速計算機の進歩、これらの問題に現れる数学的手法に対する解法理論の進歩によっている。どれが欠けても今日のシステムは存在しない。人工知能について以下の問を考えてください。

**問 1** 弱い人工知能では解決不可能な課題は何か論じなさい。

**問 2** 強い人工知能を実現することは可能かどうかを考えなさい。不可能であれば何が問題で実現できないのか、可能であれば、どうして可能と考えるかを述べなさい。

# ロボットの部

## 課題

1 階の自習室に, RAPIRO が用意してあります. 各自でロボットの動作課題を考え, その動作を実現しなさい. どのような動作課題を考えたかレポートを作成してください. 動作の独創性, 面白さを評価します. 動作実演は 7 月 16 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.