第23回数理科学コンクール課題解説

令和３年３月１日 千葉大学先進科学センター

目 次

1　はじめに

明治の文明開化以来, 我が国は欧米先進国の科学技術を効率よく吸収して発展してきました. 戦後もこの傾向は基本的には変わっていません. 現在, 我が国は大量の自動車や電子機器を輸出して経済大国となっていますが, これらの工業製品の基本原理はほとんど外国で考えられたものです. 欧米諸国との間に経済摩擦や文化摩擦が生じている現状を考えると, これからの我が国で大切なことは独創性のある個性的な人材を育成して, 新しい科学技術のフロンティアを切り開き, 世界に貢献することであると考えられます.

千葉大学では, 日本のみならず, 世界の科学技術の先端を担う若者を発掘し, 育成するための一助として, 本年度も, 第 23 回数理科学コンクールを開催しました. このコンクールの特色は次の通りです.

1. 自由にゆったり考える

   試験時間は 2 日, 自宅で時間を自由に使い, 解答を導く. また, インターネットの検索も条件を付けて可としました.

2. たのしい物理・数学の発見

   物理や数学のカリキュラムにとらわれず, 物理や数学の本質に根ざした, 考えて楽しい問題を提供する.

3. 多彩な才能の評価

   様々な参加者の優秀な能力やユニークな発想を多面的に評価するため, 問題をたくさん解いたものだけでなく, 1 題に集中してすばらしい発想を出したものも表彰の対象にする. 本年度は感染症の流行を受けて, 開催時期と開催方法を変更しました. 数理科学コンクールの主題である, 「自ら実験をして現象を考察する. 」を引き続き実施するために, 今回は実験器材を参加者に送ることにしました.

4. 人材の育成

   コンクール参加者の物理や数学の能力をさらに高めるため, コンクールの表彰式と講評会を行う.

過去 22 回のコンクールに引き続き, 多くの中高生の参加者があり, いろいろユニークなアイディアが生まれました. 中学生も, 高校生に負けず優秀でありました. そして, 答案を見ると, それぞれの問題に興味を持ちながら解答していることが読んでとれました.

第 23 回数理科学コンクールの課題の解説と提出された答案の評価を以下にまとめます. 解説に述べてあるように, 各課題は課題出題者の周りにある基本的な問題や最先端の問題, さらには歴史的に意味のある問題を元にして作成しました. 課題提出者一同, みなさんの素晴らしい洞察力と表現力を前にして, 大変感心いたしました.

参加者の皆さんが今後, 科学する心を磨き続け, 我国の科学の発展に貢献することを課題作成者一同希望します. 今後も諸君と共に科学することを楽しみたいと考えています. 千葉大学では今後も引き続きこのコンクールを実施する予定です. 物理・数学に興味がある中高生の積極的な参加を期待しています. 課題作成者もさらに研鑽をかさね, おもしろく, しかも科学の本質に迫る課題を考ていきます.

課題作成者

千葉大学教授　井宮　淳
東京慈恵会医科大学教授　植田　毅
(五十音順)

令和 3 年 3 月 1 日

2　優秀者氏名

令和2年 11 月 28 日と 29 日に開催しました第 23 回数理科学コンクールの参加者の皆さんのすばらしい答案の中から以下の参加者諸君を表彰することを決定しました.

第 23 回数理科学コンクール優秀者

特別賞	藤井大樹
金欅賞	中村友里愛
銀欅賞	永井大裕
	川口海斗
	松野裕智
	高野琉衣
	柏木遥斗
	桑野達章
	本山松明
	加藤和真
	松田ひなた
	中山惺美
	木並俊介
学長賞	藤田誠次郎

課題	参加者名
1	川口海斗
	藤田誠次郎
	中村友里愛
	高野琉衣
	柏木遥斗
	本山松明
	藤井大樹
	松田ひなた
	中山惺美
2	永井大裕
	中村友里愛
3	松野裕智
	藤井大樹
4	藤田誠次郎
	中村友里愛
	桑野達章
	加藤和真
	藤井大樹
	木並俊介

千葉大学先進科学センター長
教授 音 賢一

課題の部

3　課題 1

近年では, 会社などのオフィスでペーパーレス化が叫ばれ, 会議などの資料, リーフレット, パンフレット等をデジタル化し, 紙の使用を控える努力がなされてきました. オフィスへの OA 機器の導入により, 作成文書の量が増え, 容易に印刷できる環境が整い, 逆に紙の使用量が増えている例もあります. しかし, 今年は在宅勤務を強いられて, 否応なくペーパーレス化が確実に進んでいます. これまでの長い間, 紙は文明のバロメーターとされてきました. 実際, 四大文明で文字が発明されて以来, それを記すメディア (素材) に, 粘土板, 竹簡, パピルス紙など工夫が凝らされてきましたが, 中国で紙が発明されて以降, 記録された文書の量は爆発的に増加します.

紙は記録メディアとして誕生しましたが, 今日では包装, 建材, 家具など様々な用途に用いられています.

紙は材料としての強度は弱いというイメージを持たれがちです. しかし, 1 枚の薄い紙でも両端を持って, 紙面に平行に引っ張っても簡単には破れません. ところが, 紙の一部に破れた部分 (亀裂と呼ぶ) があると紙面に平行に引っ張っても簡単に破れてしまうことがあります.

では, 亀裂と紙の強度とはどのような関係があるのでしょうか? その法則性を見出してください.

まず, 紙を引っ張る向きに垂直に鋏で切れ目 (亀裂) を入れて, その長さによる変化や, 場所による変化を考察してみてください.

また, 単なる切れ目だけでなく, 穴が開いている場合, 穴の大きさ, 形にどのように依存するか考察してみてください.

紙を引っ張る力にはペットボトルに入れる水の量を調整しながらぶら下げるといいでしょう.

解説

紙が破れるという現象はとても身近で日常でよく出会います．しかし, これを科学的に扱おうとするとそう簡単ではありません．この現象は破壊力学で扱われます．物理学科というよりも, 機械工学科や建築学科などで研究されています.

亀裂の進展の話をする前に, 物質の変形の話をしておきましょう．図 1 のように長さ L, 断面積 S の一様な棒を両側から力 F で引っ張ると, 長さが $L+\Delta L$ になったとします.

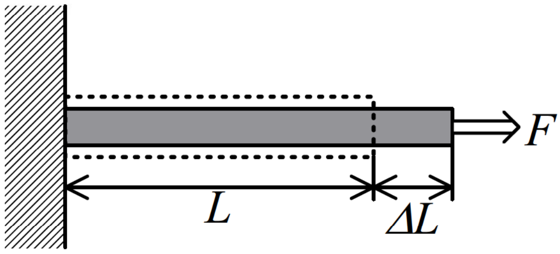

図 1: 棒の伸び -応力とひずみ-

棒の伸び ΔL を元の長さ L で割った量 $\varepsilon \equiv \Delta L/L$ をひずみと言います．同じ材質でできた太い棒と細い棒を同じ力で引っ張るとき, 棒の伸びは細い棒の方がより多く伸びます．ひずみが小さな場合には, ひずみは棒にかかる単位面積当たりの力 F/S（応力 σ）に比例し,

$$\sigma = \frac{F}{S} = E\varepsilon = E\frac{\Delta L}{L}$$

と書けます．比例定数 E を（縦）弾性係数（ヤング率, 物質の堅さを表す）と言い, 物質により決まった値となります．この関係から

$$F = E\frac{S}{L}\Delta L$$

となるので, ES/L は中学理科や高校物理で用いるばね定数に他なりません.

物体が大きく変形し, ひずみ ε が大きくなると, すなわち応力 σ が大きくなると, 破壊されます．応力とは単位面積当たりの力で, 圧縮する方向に働いている場合は圧力と呼びます．ばね定数が ES/L の物体で, ひずみが $\varepsilon \equiv \Delta L/L$ のときに, その物体に蓄えられている弾性エネルギーは

$$U = \frac{1}{2}E\frac{S}{L}\Delta L^2$$

単位体積当たりに蓄えられるエネルギーは

$$u = \frac{1}{2}E\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 = \frac{1}{2}E\varepsilon^2 = \frac{1}{2}\frac{\sigma^2}{E}$$

となり, これが一定の値を超えると破壊されます.

地震の説明のときに, プレートが押し合い, ひずみエネルギーが蓄積され, それが限界を超えると地震が起こりひずみエネルギーが解放されるというのと事情は同じです.

破壊が起こるかどうかは各場所での応力によります.

さて, 次に亀裂がある紙を引っ張るときどのような応力が生じるか考えます.

無限に大きな板に楕円形の孔を開け, 楕円の長軸に垂直に一定の引っ張り応力をかける場合を考えます（図 2）. 長軸の長さ $2a$ が十分長く, 先端の曲率半径 ρ が長軸の長さに比べ十分小さい場合を考えることで亀裂のモデルとすることができる.

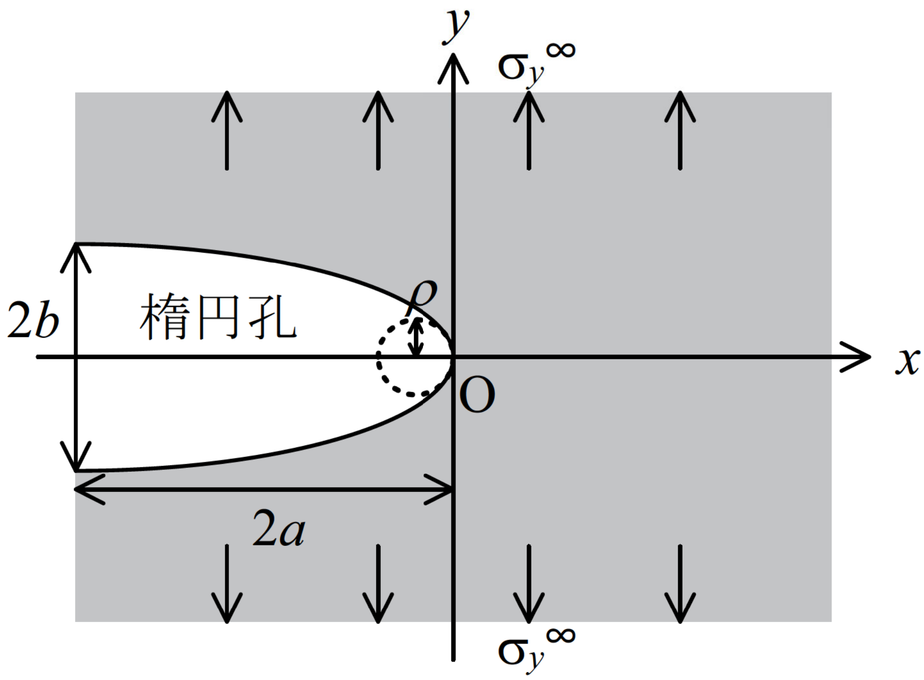

図 2: 楕円孔による応力集中

楕円孔の長軸を x 軸方向, 短軸を y 方向にとって, 楕円孔から十分離れた部分での応力を σ_y^∞ とする. 楕円孔先端の曲率半径 $\rho/a \ll 1$ のとき, 楕円孔先端近傍（$x/a \ll 1$）の x 軸上の y 方向の応力は

$$\sigma_y = \sigma_y^\infty \left\{ \sqrt{\frac{a}{2x+\rho}} \left(1 + \frac{\rho}{2x+\rho}\right) + \frac{\rho}{2x+\rho} \right\}$$

と表されます. これを x/a の関数として, いくつかの ρ/a についてプロットすると図 3 のようになります.

応力は $x = 0$ のとき, すなわち, 亀裂の先端において応力は最大となります. その値は

$$(\sigma_y)_{\max} = \sigma_y^\infty \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right)$$

となり, 遠方で亀裂を広げる方向に加えた応力 σ_y^∞ の $1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}$ 倍になります. この増加の割合は亀裂の長さの平方根 $\sqrt{a}$ に比例し, 先端の曲率半径の平方根に反比例 $1/\sqrt{\rho}$ します.

摩擦が働く面上で物体を移動させる時と同じように, 亀裂の先端の応力がある一定以上の値（閾値, σ_{c}）になると亀裂が大きくなるので, 亀裂が長い方が破れやすい, 亀裂の先端がより尖っている方が破れやすいと言えます.

亀裂の長さが a, 先端の曲率半径が ρ の場合に亀裂が進展する条件は

$$(\sigma_y)_{\max} = \sigma_y^\infty \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right) \quad \geq \quad \sigma_{\mathrm{c}}$$

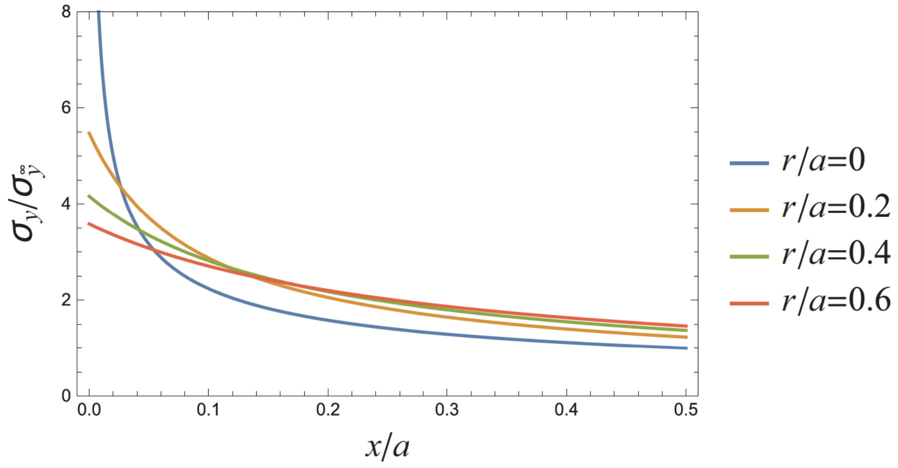

図 3: 楕円孔による応力集中

$$\sigma_y^\infty \quad \geq \quad \frac{\sigma_\mathrm{c}}{1+2\sqrt{\frac{a}{\rho}}}$$

ここで, 紙の亀裂に平行な方向の長さを L, 厚みを d, 紙を引っ張るおもりの質量を M, 重力加速度の大きさを g とすると, このおもりの重力が遠方での応力 σ_y^∞ を発生させます. 重力がかかっている断面積は Ld となるので

$$\begin{aligned}\frac{Mg}{Ld} &\geq \frac{\sigma_\mathrm{c}}{1+2\sqrt{\frac{a}{\rho}}} \\ M &\geq \frac{\sigma_\mathrm{c} Ld}{g\left(1+2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right)}\end{aligned}$$

となります.

先端の曲率半径 ρ が非常に小さいとき,

$$M \geq \frac{\sigma_\mathrm{c} Ld}{2g}\sqrt{\frac{\rho}{a}}$$

となり, 紙が破れるおもりの重さは亀裂の長さの平方根に反比例することが分かります. 先端の曲率半径は 0 である亀裂（本来の意味での亀裂）の場合,

$$\sigma_y = \sigma_y^\infty\sqrt{\frac{a}{2x}}$$

となります.

講評

例年, 実験用に器材を用意するとこちらが意図しない用途に用いていたりする（それは, 自由な発想で活用してもらえればいいので, むしろ歓迎します）ので, どうなるか少し心配していましたが, 提供した

器材が限られるからか, こちらの意図通り用いてくれているようでした．この課題は実験の実行そのものは難しくはないので, 多くの参加者が取り組んでくれていました．引っ張る方向, 穴の形など様々な試行してくれていました．

このような, 現象を解明するためには, どのようにパラメータ (おもりの重さなど) をどのように変化させていくかなど, 目的に合った実験を計画することが重要です．答案の中にもよく計画された実験を行っている例がいくつかありました．実験の目的と方法がしっかりかみ合った計画に基く実験ができている答案を高く評価しました．さらに, その中に, 明確な亀裂の長さ依存性を見出した答案もありました．その実験と手際, 結果は非常に素晴らしいものでした．

他方, 実験の計画はよかったものの, おもりの重量の変化のさせ方が大きかったので残念ながら, 正しい法則を見出し損ねた答案もありました．どのくらいずつパラメータを変化させればいいのかもよく考えてみましょう．

4　課題 2

植物の種は自己の分布を広げるために播種の方法に工夫を凝らしている. 実が熟すと果皮が裂けて巻き上がり, その勢いで種を飛ばすものもあれば, カエデ科の植物の種は翼のような皮をまとい, 回転しながら航空機のように揚力を発生させ飛翔するものがある. 他に, ポプラの種のように全体に綿毛をまとい, ふわふわ空中に浮かんでいるものもある.

中でも, タンポポは身近過ぎてあまり注目もしないけれど, よく見てみると興味深い形をしている. タンポポの種子のように見えるものは, 正確には果実で, 痩果と呼ばれます. 痩果から長い柄が伸び, その先端に冠毛が車輪のスポークのように放射状に延びています. この傘のような形でタンポポの種子はよく風に乗り, 遠くまで飛んでいくことが可能です.

では, この形の何がポイントで安定した飛行を可能としているのでしょうか？タンポポの種を用意したのでその飛行をよく観察し, また, 模型を作製してタンポポの飛翔の秘密を解明してください.

解説

タンポポの綿毛を吹いて飛ばしたことのない人はほぼいないのではないかと思います. 軽く吹くだけでふわりと天高く旅立っていきます. 今回, お送りした種も容器から取り出したときに飛んで行ってしまわないようにするのに苦労したのではないかと思います. これほど, 宙に浮かび易いには, その構造に秘密があると考えられます.

冠毛は, 平均の長さ 5.5mm, 直径約 0.025mm の綿毛の繊維がおよそ 100 本集りできています. 冠毛, 痩果を合わせた種子の質量は 0.3 mg ほどです.

綿毛にあたる風の風速が 3m/s を超えるあたりから, 種子が花茎の先端から外れて宙に舞い始めることが実験的に分かっています. また, 種子は, 風に対して綿毛の一番上流側でも下流側でもなく, 上流側から角度 $33° \sim 105°$ の範囲であることも分かっています.

種子が風を受けて宙に舞うときの力を計算してみましょう. 綿毛の繊維 1 本を長さ 5.5mm, 直径 0.025mm の円柱として, これに風速 $U = 3$ m/s の風が当たるときに受ける抗力を考えます. 繊維の投影面積（風速に垂直な断面積）A は $5.5 \times 0.025 \times 10^{-6} = 1.38 \times 10^{-7}$ m^2 で, 空気の動粘性係数を $\nu = 1.5 \times 10^{-5}$ m^2/s とすると, 実験データから求めた円柱の抵抗係数は $C_\mathrm{D} = 5$ となるので, 空気の密度を $\rho = 1.2$ kg/m^3 として, この円柱にかかる抗力は

$$F = C_\mathrm{D}\frac{1}{2}\rho U^2 A = 5 \times 1.2 \times 3^2 \times 1.38 \times 10^{-7} = 3.7 \times 10^{-6}\mathrm{N}$$

となります. 綿毛には繊維が 100 本あるとすると, 重なりとか, 気流の変化, 乱れを無視すると, 全体で 3.7×10^{-4} N の抗力がかかります（このとき, すべての繊維（円柱）が風に垂直に広がっていることが前提になっています）. これは 37 mg のものを持ち上げる力に相当します. 種子 1 個の質量は 0.3 mg ほどなので, 種子はこの力で十分持ち上がります. 逆に, このメカニズムで 0.3 mg の物体を空中に浮遊させるために必要最低限の風速は 0.27 m/s と求まります. この結果は, 0.5 m/s の風で, 種子は空中に浮遊して, 最大約 10km まで飛ぶという測定事実に整合しています.

この綿毛の形は, 繊維の間を風が抜け, 安定してより遠くに飛ぶことができるような構造になっています.

数年前に科学の甲子園の課題として, パラシュートを標的にできるだけ近く, できるだけゆっくりと着地させる競技がありました. 使える材料は A4 の紙, 糸など限られたもののみでした. ある県の予選大会で, 参加チームは様々な形のパラシュートを工夫していましたが, その中の 1 チームが紙でパラシュートを作るのではなく, 本来はパラシュートとおもりを繋ぐことを想定して用意されていた糸のよりももどき, 繊維をバラバラにして, おもりに付けていました. 観衆は怪訝に見つめていましたが, このチームのものが最もゆっくりと安定して降りていきました. これはタンポポの綿毛の応用の良い例でしょう.

実は, この課題はイギリスの University of Edinburgh と University of Glasgow の研究グループにより, “A separated vortex ring underlies the flight of the dandelion” と題したレター（速報）論文が NATURE, VOL.562, 18 OCTOBER (2018) p.414 に掲載されたからです（https://www.nature.com/articles/d41586-018-07084-8 で概要を閲覧可能）. この解説記事が日経サイエンス 2019 年 1 月号の 22 ページ, from nature ダイジェストに「タンポポの綿毛の秘密」と題して掲載されています.

この論文では, タンポポの種子を煙を入れた垂直風洞 (自動車の周りの空気の流れを調べる通常の風洞は水平なトンネル内にトンネル方向に風を流すが, この実験では垂直に風を流す.) に入れ, レーザーで煙を照らすことにより気流を可視化し, 種子の周りの空気の流れを調べている.

その結果, 種子が浮遊しているとき, 冠毛の上方に離れた所に空気の渦輪が生じ, 一定の距離を保って持続することがわかった. 種子の周りを流れる空気と冠毛の隙間を流れる空気の圧力差が渦輪を生じさせており, 冠毛の隙間の間隔が, 渦輪を安定化するのに重要なパラメーターとなっていることが示唆されました.

そこで, 研究グループはタンポポの冠毛を模擬するために, 隙間のない円盤から, 隙間の割合がタンポポと同じ 92%のもの（放射型）まで多様な模型を作り, 円盤上部に生じる渦輪の様子を調べました. すると, タンポポの冠毛に近い隙間を開けた円盤だけが円盤から離れた場所に安定して渦輪を生じることが分かりました. 空隙率が 10%ずれただけでも渦輪は不安定化するそうです. また, タンポポの綿毛によって生じる単位面積あたりの空気抵抗が, 隙間のない円盤の場合の 4 倍以上にもなっていました.

タンポポの綿毛の構造は, より安定した空気の渦輪をつくり, より大きな空気抵抗を発生させ, より遠くまでの飛翔を実現し, 繁殖を有利にするように進化した結果, 最適化された構造になっていると考えられます.

このように生物が進化の過程で発展させた人知の及ばない機能を利用することを, バイオミメティクス（生物模倣）といい, 近年, 様々な分野で研究されています. しかし, それを利用する場合には注意も必要です. 人が乗る飛行機を, 蝶やトンボの飛び方を真似て作っても飛べません. それは, 大きさにより支配的になる力学的法則が変わるからです. 人間をそのままの形でサイズだけを大きくしたウルトラマンのような人間も存在できません. サイズが変わっても, 材料が変わらなければその重量を支えられなくなります. サイズが変わった時にどこをどう変える必要があるか考えるスケーリングと手法があります. そのような知見も駆使しつつ, 応用が研究されています.

何気ない自然現象も目を凝らしてみると驚異的な異能を有していることがまだまだ埋もれているかもしれません.

講評

自宅での実施でネット検索も OK という条件のもとで, この課題を出題するとネット検索で関連記事を見つける参加者が出てくるだろうとは予想していました．実際, 数名いましたが, 残念ながら, Nature の論文の抄録の内容, もしくはその解説記事の内容をそのまま, もしくは端折った解答にとどまっていました．それだけでは, 高い評価はできません．そこから, 自ら観察, 検証をして欲しかったですね．(Nature の原著論文 (もちろん, 英語) を読み込んでまとめてあるのであればそれはそれで高く評価しますが...., 図書館にでも行かない限り, ダウンロードは有料で高価なので難しいです.).

その他の参加者は紙をいろいろな形にして, 解説でお話しした「科学の甲子園」の課題のような試みをしている人が大多数でした．流石に, 糸を繊維一本一本に分解した例はみられませんでした．しかし, Nature の実験のように, 円盤や漏斗状の紙に切れ込みを入れたものを数種類作り, 落下時間をシステマティックに測定する実験を計画的に行っていた解答が数例ありました．それは, Nature の実験グループと同じ発想であり, 高く評価しました．

5　課題 3

無人観測装置を目的地に到着させる場合, 現在, 地表では GPS を利用して, 無人観測装置を目的地に制止・着地させることができます. GPS がない場合に, 無人探査機を目的地に, 自動的に到着させる装置・仕掛を考えることにします.

出発地からの移動距離を測る装置をオドメーター (距離計) といいます. 店舗, 集合住宅, 戸建, 公園, 公共機関の主要駅, 停留所からの時間を示すためには, まず, オドメーターで道路の距離を測ります. そして, 不動産業者の取扱う物件では 80m を 1 分で歩くとして, 駅から時間を計算します. 帆船の時代, 船の速さは, 先頭に浮きを付けた, 印付のロープを流して, 一定, 時間に流れるロープの長さを測りました.

地面上や海面の距離を利用した距離を測れない場合, 例えば飛行して目的地に達する必要のある無人計測装置が目的地に到着したことを判断する装置を考えてください.

解説

GPS が利用できる現在では, 飛翔体や走行車を目的地まで誘導することは装置を用意できれば簡単です. しかし, 地球外惑星, 例えば, 月や火星では GPS 自体が存在しない. そのため, 探査車には距離計による移動距離の推定が行われます. また, 地図も作成されていない場所を移動することから, 位置決定と動作計画を自分の周りの情報だけで実現する必要があります. 移動装置の周りの 3 次元形状の計測には, ライダーやレーダーが利用されます. 地図の無い場所で自動的に位置決めと周りの 3 次元構造を構築することを SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) といいます. さらに, たとえ GPS が利用できたとしても, 自然災害の被災地では地形が変わり, 災害前の地図情報が利用できなくなる. そこで, 小型ドローンと走行車とを組み合わせ, Simultaneous Localization and Mapping も考えられます. SF 映画でもこの手法が採用されたことがあります. 目となる小型ドローンと走行車は時間を変えて移動することも得策です. ドローンで地図を作成し, その地図をもとに走行車が移動することです. 距離計とは, 機械式あるいは電子式な仕掛けによって移動距離を記録する装置である. 日常で目にするものは自動車の走行距離計です. 車軸の回転数を計測し走行距離を表示している. NASA の火星探査機, ソビエトの月面探査機ルナホートは共に, 機械式距離計を採用していました. しかし, 砂地を走行すると車軸が空回りを起こし, 移動距離が正確に計測できないことがあることが判明しました. そこで, 欧州宇宙機構の探査機は, 画像を利用した距離計を採用する計画も考えられていました. つまり, 完全な視覚系を持つ人工知能ロボットにすることです. 機械式距離計の歴史は古く, 図面としては, レオナルド・ダ・ビンチの図面がインターネットで検索ができます. 船の速度を表す単位はノットです. これは, 帆船の時代に, 等間隔の結び目 (ノット) を付けたロープをつないだ浮きを海面に流し, 単位時間の間に流れた結び目の数に由来しています. 一方, 空中では, 浮きを流すことができません. そこで, 最初の自動飛翔体では, ロープを流す代わりにプロペラの軸にロープを巻き付けていました. すなわち, 既定の長さのロープが回転軸に巻き付いたところで, エンジンを止めることが考えられました. しかし, 期待した精度は出なかったと記録されています. 身の回りにある既存の装置を改良して, 失敗を重ねて技術は進歩してきました. 地上車では, 現在の無線誘導に近い装置として, 目的地の近くまでは有線で遠隔操作を, その後, 誘導線を切断して目的地に達する技術も考案されました. 課題の意図は, GPS の無い状態で位置決めをすること想定した課題です. また, 速度のノットに関する科学史的知識も視野に入れていました.

講評

送付した部材のタコ糸をうまく利用した解答はありませんでした.

6　課題 4

自動車, 航空機, 船舶の燃料であるガソリン, ディーゼル油, ケロシン等は, 原油から分留・精製される液体です. 液体燃料を燃料タンクに保持すると, 加速・減速時にタンク中で液体燃料が移動するため, 走行・飛行装置の重心が移動する. 重心の移動によって機体・車体の運動が不安定になることがあります. 高速で走行するレース用の自動車, 急速に運動方向を変える戦闘機では, 液体としての燃料の機体・車体の内部での移動による重心移動が無視できません. そこで, 液体燃料のタンク内での移動を最小限にとどめる燃料の保持法を考えてください.

解説

ガソリン内燃機関 (自動車のエンジン) の燃料であるガソリン (ペトロ), ジェットエンジンの燃料の 1 つであるケロシン (パラフィン) などは, すべて液体です. 内燃機関やジェットエンジンでは, 燃料を適切に酸素と混合した気体に点火, その爆発力を利用して, 運動を生みだしています. これらの燃料の引火点は, それぞれ, -30 ℃, 37 ℃-65 ℃です. 特に, ガソリンは引火点が低くその取扱いを慎重にしなければなりません. ガソリンはタンクの中でも揮発し, 事故の場合に引火し爆発を起こすことがあります. このように, 揮発性の高い液体の揮発を防ぐ保持法を考える必要があります.

燃料タンクに入れるスポンジをバッフルスポンジと呼ばれます. このスポンジによって燃料タンク内での燃料の気化を防ぐことができ, レース中の事故での爆発を防いでいる. また, 燃料の移動を最小限にできます. また, 転倒事故が起きやすい単車ではレースではなくても利用する運転者がおり, 補助部品として販売されています. 燃料のタンク内での気化や移動を防ぐためには, 燃料を擬似的に個体にすることが得策でしょう. しかし, ガソリンや軽油を燃やす (爆発させる) 内燃機関の燃料は気化する必要があります. そこで, スポンジ状の微小空間の集合体に燃料を充填することが考えられます. ただし, 液体燃料の取り出し法を考える必要があります. 取り出し方の 1 つは圧力を加えることです. この課題は, CS のドキュメンタリー番組を参考にしました. 1 つは, ロシア空軍の戦闘機の燃料タンクの構造であり, もう 1 つは, 英国の高級車ジャガー D タイプの再生産の組立て工程の記録です.

講評

受賞した課題では, 燃料タンクを微細な区画に分割することを指摘していました. しかし, 理由や、揮発を防ぐ方法についての論考はあまりありませんでした. また、スポンジによる区画への分解に関する物理的論考もありませんでした.