

令和7年度2年次理数探究の研究概要

令和7年度2年次理数探究で表彰された研究のうち、次の研究概要を掲載します。

1. 数理情報学部門 A-22 班 『機械に賢く問題を解かせるにはどうするか?～数理最適化の適応的オペレーター選択における貢献度計算方法の探索～』。
2. 物質化学部門 A-05 班 『円筒翼の尾の振幅と形状が飛行に与える影響』。
3. 生活科学部門 B-26 班 『水の硬度と髪の関係性～水の硬度に抗え!髪の毛サラサラ計画～』。
4. 人文科学部門 C-18 班 『背景知識の提供による美術鑑賞への意欲向上方法の提案』。

1. 数理情報学部門 A-22 班

『機械に賢く問題を解かせるにはどうするか?～数理最適化の適応的オペレーター選択における貢献度計算方法の探索～』

1. 研究の背景と目的

「数理最適化」とは、限られた条件の中で、一番良い答え(解)を見つけ出す技術のことです。例えば、容量が決まったカバンに、重さと価値がバラバラな荷物をどう詰めれば合計の価値が最大になるかを考える「ナップサック問題」がその代表です。

機械がこうした問題を解くとき、計算の途中で答えを少しずつ修正して精度を高める「オペレーター」という計算方法(道具)を使い分けます。この研究の目的は、「今はどの道具を使うのが一番効果的か?」を機械が判断するための基準(貢献度)の計算方法を工夫することで、最終的な答えの質を向上させられるかを調べることです。



バッグの容量が10kgだと一番左のものを1つとるのが一番良いが、容量が12kgとなると一番右のものと真ん中のものの2つをとるのが良い。

2. 研究の方法

実験では、以下の条件で性能を検証しました。

- ・対象: ナップサック問題を使用。
- ・オペレーター: 3つの手法(1-bit-flip、突然変異、交叉)を採用。
- ・提案手法: 過去の改善データを最新の状態に近づけてから中央値をとる「特殊中央値(仮称)」という新しい計算方法を組み込みました。

- ・比較: 従来の「平均値による評価」と、今回の「提案手法」でそれぞれ 100 回計算を行い、その差を統計的な手法(t検定)で分析しました。

3. 研究の結果

分析の結果、次のようなデータが得られました。

- 答えの良さ: 提案手法の方が、従来よりも有意に高い(良い)値を示しました。
- 的中率: 「今どのオペレータが一番か」を正しく判定できた回数(カウント回数)は、提案手法の方が有意に少なくなりました。

4. 考察と今後の展望

実験の結果、「特殊中央値」により最終的な答えの精度という全体性能を向上できました。的中率の低下は、本手法が長期評価を目的としており、短期的な指標には真価が反映されにくいと考えられます。今後はこの課題を解決する評価基準を探し、より複雑な問題でも検証を進めます。

物質化学部門

A-05 班 『円筒翼の尾の振幅と形状が飛行に与える影響』

1. 研究動機と目的

私たちは物体の飛行する原理に興味を持ち、身近な物で飛行できないかと考えました。その中で「ジャイロ効果(回転している物質がその回転軸を保とうとする性質)」を見つけ、円筒翼について調べ始めました。

2022 年の中原らの研究により、尾の形状が波であるとよく飛ぶこと、2024 年の山本らの研究により、後方の空気は螺旋状に拡散することが明らかにされていました。

そこで私たちは、振幅の違いと波の形状が飛行に与える影響(飛距離、回転による飛行経路)を詳しく調べることにしました。

2. 実験方法

厚さ 0.21mm の厚紙を用いて、尾の振幅が 1.0cm、2.0cm、3.0cm(以下、小・中・大)で波の形状がなめらかなものとギザギザなもの(以下、なめ・ギザ)の計 6 種類の円筒翼を作製しました。円周は 22cm、波の数は 3 個に固定し、重心位置を前方に保つため、同じ用紙を用いて円筒翼の上部(波の反対側)に長さ 22cm、幅 1.0cm に切ったものを 3 枚重ねて貼り付けました。発射装置は外枠を竹串と割り箸、結束バンドを用いて作成し、内側の円筒翼を挿入して飛ばすための筒は PP シートと布テープを用いて作成しました。また、外枠と筒は輪ゴムで繋ぎました。



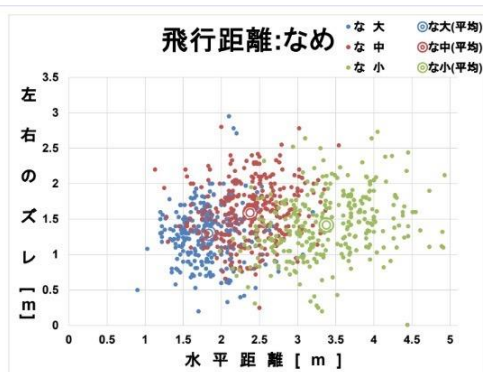
なめらか



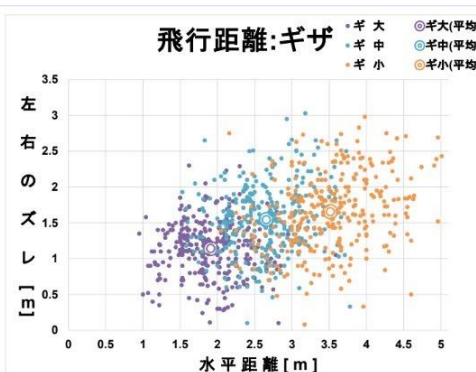
ギザギザ



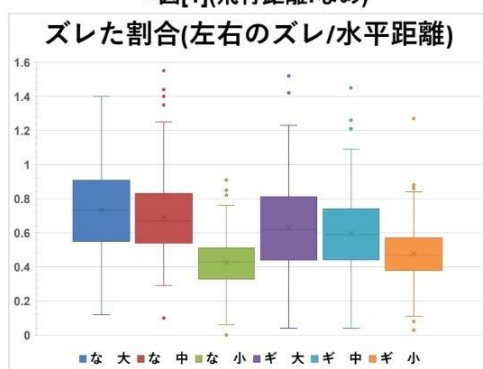
まず発射装置の筒につけた底板の位置を発射口と円筒翼の上部が揃うように調整し、円筒翼を挿入します。次に筒の部分の円筒翼に右回転がかかるように水平に 10~15cm 引いて離し、発射した位置からの着地点の左右のズレ(横)と水平距離(縦)をメジャーで測定します。これを円筒翼一つあたり 300 回行い、得られたデータ(左右のズレ/水平距離)をズレた割合として、その数値に関して各グループ(なめ・ギザ)内と各グループ間において有意差があるかどうかを調べて図表にまとめました。また、郡内では一元配置分散分析(3 つ以上の群に対しどこかに差がないか判別する)、テューキー法(一元配置分散分析より、どこに差があるのかを具体的に判別する)を用い、郡間では t 検定(二つの郡に対し有意差があるか判別する)を用いました。



▲ 図[1](飛行距離:なめ)



▲ 図[2](飛行距離:ギザ)



▲ 図[3](ズレた割合)

▼ 表[1]データ分析のまとめ

| | なめらか | ギザギザ |
|----------|-----------|-----------|
| F値 | 193.4 | 44.27 |
| P値:グループ内 | P<.001(有) | P<.001(有) |
| Q値:大・中 | 3.57(有) | 2.79(無) |
| Q値:中・小 | 22.1(有) | 9.87(有) |
| Q値:小・大 | 25.68(有) | 12.26(有) |
| T値:大 | P<.001(有) | |
| T値:中 | P<.001(有) | |
| T値:小 | P<.001(有) | |

※P値:偶然にその差が出る確率,F値=(群間分散/郡内分散)
Q値:テューキー法の結果(限界値=3.31),T値:t検定の結果
(有)(無)は有意差の有無を表す。

3.結果と考察

図 [1], 図 [2] より、なめ・ギザ共に大<中<小の順で遠くに飛ぶ傾向が見られました。また表 [1] より、なめは大・中・小全てに有意差がありましたが大・中の差は小さく、ギザは小のみ有意差がありました。これは、大・中では円筒翼後方に放出される空気が振幅の大きな尾に作用して回転力が大きくなり、

マグヌスカ(進行方向に対して垂直な方向に発生する力)が推進力に比べて大きくなってしまったため、小より飛ばなかったと考えられます。

図 [3], 表 [1] より、大・中ではなめの方がギザに比べて振幅が飛行に与える影響が大きく、小ではギザの方が影響が大きいことがわかりました。これは、大・中において振幅が大きくなると、なめはギザに比べて尾の上部(胴側)の紙面積が小さいため、放出される空気量が増加し、なめは螺旋状に拡散される空気が尾に作用する力が大きくなって上記と同様にギザより飛ばなかったと考えられます。また、小に関しては紙面積の差がほとんど無いにも関わらず有意差があるため、他の要因が影響していると考えられます。

4.結論と今後の展望

ギザギザで振幅 1.0cm の円筒翼がマグヌスカが適度に抑えられ、大・中に比べて飛行軸が安定するため飛距離が一番大きいことがわかりました。また、振幅を大きくするほどマグヌスカが過度に発生するため飛距離が小さくなることがわかりました。

今後は質量や厚さ、重心位置、円筒翼の回転数を考慮した実験を行い、より詳細なデータを集めていきたいと考えています。

生活科学部門

B-26 班 『硬水地域での毛髪のダメージを最小限に抑える最適方法の検証』

本研究では、水の硬度(軟水・硬水・超硬水)が毛髪に与える影響を明らかにし、その軽減方法について検討した。

人毛を用い、各硬度の水で洗浄・乾燥を繰り返すとともに、陰イオン性・非イオン性・陽イオン性の界面活性剤およびクエン酸を組み合わせた条件で実験を行い、洗浄後の毛髪の手触り、まとまり、艶の変化を比較した。

その結果、硬水では毛髪のきしみやざらつきが増し、まとまりや艶が低下することが確認された。これは、カルシウムイオン(Ca^{2+})やマグネシウムイオン(Mg^{2+})が毛髪表面に付着し、キューティクル構造を乱すためと考えられる。

また、陰イオン性界面活性剤は硬水中で負の影響を強める一方、非イオン性界面活性剤はその影響を抑え、陽イオン性界面活性剤は毛髪の状態を改善する効果が見られた。さらに、クエン酸は金属イオンの働きを抑制することで、硬水による影響を軽減した。

以上より、水の硬度に応じて適切な洗浄条件を選択することが、毛髪ダメージの低減に重要であることが示された。

人文科学部門

C-18 班 『背景知識の提供による美術鑑賞への意欲向上方法の提案』

来館者減少による美術館の閉館を受け、普段美術館を訪れない高校生の美術鑑賞の意欲向上を促すことでこの問題を解決しようと考えた。

美術鑑賞の専門家は作品から読み取る情報を、作品に描かれた具体的な事物の情報と、作品内の要素間の関係の情報に分類している。美術鑑賞の初心者は前者のみに注目しがちだが、作品に関する背景知識を得れば後者にも注目できるようになり、鑑賞が深まるのではないかという仮説のもと研究を行った。

まずアンケート調査を実施し、美術館に行く頻度、美術館に行かない理由などを尋ねた。次に絵画「イカロスの墜落」とその背景知識を ①提供なし ②文章で提供 ③イラストで提供 の3つのグループの鑑賞者にそれぞれ選択式のフィードバックと記述式の感想をもらうという対照実験を実施した。それらの結果を分析し、考察した。

フィードバックの分析結果より、背景知識の提供は鑑賞意欲向上に効果があるといえるのではないかと、しかし美術館における TPO やバリアフリーの観点からより適切だといえる提供方法を考案する余地があるのではないかと、という考察を行った。

加えて、感想のテキストマイニングの結果より、出現した単語の数や種類から背景知識の提供によって絵画自体や絵画の持つストーリーについて思考しながら鑑賞してもらえたのであろうと考えた。

研究の結果、背景知識の提供によって絵画鑑賞の満足度が高まり、その結果美術館に行こうという意欲が高まるという結論が得られた。

今後の展望としては、事前アンケートの結果を参考にもともと美術館に行く頻度が低い人の特徴により合わせた鑑賞方法の考案に着目して継続して研究を進めていきたい。