



目的

加法的整数論は古くから研究がなされてきた分野である。黎明期には、オイラーやフェルマー、ガウスが重要な定理を発見し、その複雑な仕組みを解き明かしてきた。だが、他の分野と比べて見ると、その進歩は停滞している。そこで特に成長が見込まれる分野である分割数を拡張することで、加法的整数論に寄与することを目的とする。

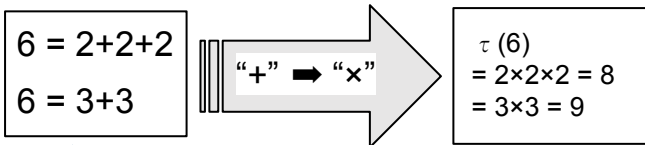
素数分割 / δ

ある自然数 n について、素数のみの和で表す操作を素数分割という。その組み合わせの総数を $\delta(n)$ とする。昨年度の研究ではこの関数について研究していた。今年度は、素数分割について、2つの拡張を考えた。

拡張① 素数分割積 τ / λ

素数分割積 τ

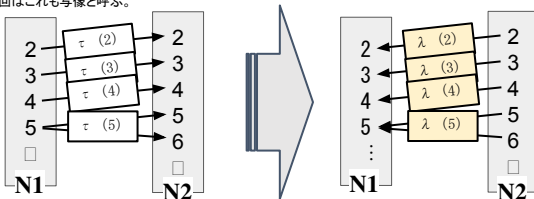
素数分割の組み合わせを区別するために、ある組み合わせで用いられた素数の総積を $\tau(n)$ と表記し、素数分割積と呼ぶ。これは、各組み合わせを識別する一種のラベルとして扱うことができる。



τ の逆関数 λ

ここで、 τ の逆写像或いは(逆)逆関数としての λ を考えてみる。この τ について、自然数の集合 $N1$ から自然数の集合 $N2$ への広義の写像^{*}と捉えれば、 τ は $N1$ から $N2$ において全単射、つまり、行き先に重複がなく行き先のすべての要素に対応する要素が始点にあるから、 $N1$ から $N2$ への全射な逆写像を考えることができる。ここで逆写像を λ と置いてみると、 λ は数の素因数を和にしたものである。

*1つの始点から複数出ているので正確には写像ではないが、これ以外にこの概念を形容する方法がなかったので、今回はこれも写像と呼ぶ。



$$\Lambda(n) = ((Id \cdot 1_p) * 1)(n) \text{ とおくと}$$

$$\lambda(rad(n)) = \Lambda(n) \text{ と表せる}$$

λ は既存の数論的関数と関係あり

λ の活用

λ を用いることで、goldbach予想、双子素数予想、それに準ずる問題を一括にまとめることができる。

定理① goldbach予想と、
 $\forall n | n \in \mathbb{N}, \exists k | k \in \mathbb{N}, s.t.$
 $\lambda((n+k)(n-k)) = 2n$
は同値。

定理② 双子素数が無限に存在すること、
 $\lambda((n+1)(n-1)) = 2n$
であるような n が無限に存在することは同値。

定理③ 差が $2k$ の素数が無限に存在すること、
 $\lambda((n+k)(n-k)) = 2n$
である n が k に対して無限に存在することは同値。

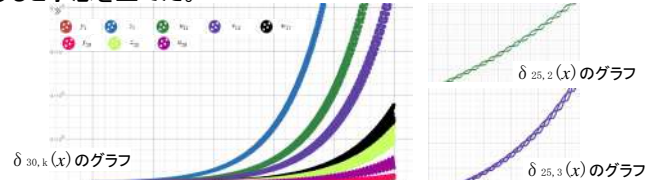
拡張② 算術級数の δ

定義

素数分割を、法 n で k と合同であるような素数 p のみに制限したものを算術級数の δ と呼び、 $\delta_{n,k}(x)$ と表記する。

算術級数の素数定理との関係

算術級数の素数定理によると、 n と互いに素な k について、 $\pi_{n,k}(x)$ ($p \equiv k \pmod{n}$ となるような x 以下の素数の個数) は、どの k でも同じオーダーで現れるため、 $\delta_{n,k}(x)$ においても同様であると予想を立てた。

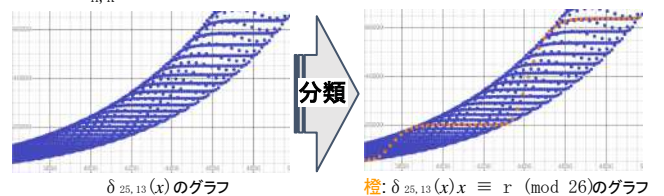


しかし、実際はそうにならなかった。これは、チェビシェフの偏りと称される、小さい素数の分布に偏りがあることが、 $\delta_{n,k}(x)$ に大きな影響を与えたと考えられる。

また、 $\delta_{n,k}(x)$ には様々なグラフの形が存在していることが分かった。その形状が変わる原因は研究の途中である。

グラフの考察

ここで、 $\delta_{n,k}(x)$ の x を、 $\text{mod } t$ で分類することを考える。



このとき、例えば法 26 で r と合同な x について $\delta_{25,13}(x)$ を考えると、上図の青部分 ($\delta_{25,13}(x)$ のすべて) から規則的なパターンを持つ橙部分が現れる。このように、法 t で r と合同な x で $\delta_{n,k}(x)$ を分類すると、 t ごとに曲線が現れ、その本数には、規則性があると予想した。

その一本一本の曲線を鎖と呼び、 $\delta_{n,k}(tx+r)$ で分類した鎖の本数を $ch(n,k,t)$ または $ch(t)|_{n,k}$ で表す。^{*}chain \rightarrow ch

鎖の性質

この $ch(x)$ について、いくつかの数で計算し、以下の複数の性質が見られた。

定理

$\delta_{n,k}(tx+r)$ が、波になる時、その一つの波の格子点の隣接する2点間の x 座標の差を t で割った値が、 $ch(t)|_{n,k}$ となる。

↓予想①

$ch(t) = r|_{n,k}$ ($r \geq 2$) に対して、
 $ch(st) = 1|_{n,k}$ となるような s が存在する。
多くは r で、少なくとも $1 \leq s \leq r$ が言える。

予想② → 予想③ ↘

$$ch(n-k) = ch(n)|_{n,k}$$

$$\begin{cases} ch(t) = r |_{n,k} \\ ch(s) = r |_{n,k} \end{cases} \Rightarrow ch(t+s) = r |_{n,k}$$

ただし、以上の性質が重複する場合、値が複雑に変化するため、どのような規則性があるかは研究の途中である。

参考文献・謝辞

チェビシェフの偏り (wikipedia)
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%B1%E3%82%A7%E3%83%93%E3%82%B7%E3%82%A7%E3%83%95%E3%81%AE%E5%81%8E%E3%82%8A>
ディリクレの畳み込み (wikipedia)
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%B7%E3%82%A3%E3%83%AA%E3%82%AF%E3%83%AC%E3%81%BF%E7%95%B3%E3%81%BF%E8%BE%BC%E3%81%BF>
甲斐互助教(東北大学)、並びに、名越弘文准教授(群馬大学)、また 1 年次にもとに研究した、ポスター制作において、ご指導して下さった先生並びに先生には多大なる協力を賜りましたことを、御礼申し上げます。



Purpose

The field of additive number theorems is researched in middle age. In the early time, some great mathematicians, Euler, Fermat, Gauß, discovered series of important theorems and demonstrated its mechanism. However, compared to other fields, its rate of development is markedly slow. Therefore, by extending the field of partition numbers—an area where significant growth is anticipated—we aim to contribute to additive number theory.

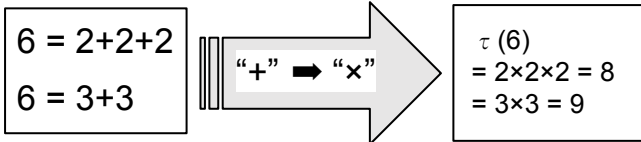
Prime Partitions / δ

For some natural number n , let $\delta(n)$ denote the total number of ways to express n as the sum of prime numbers only. The operation of expressing a number as the sum of prime numbers only is called “**Prime partition**”. Last year’s research focused on studying this function δ . This year, we considered two extensions of prime partitions.

Extension ① Prime division product τ / λ

Prime Partition Products τ

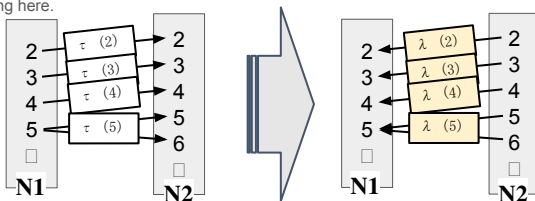
To identify the set of prime partitions, let $\tau(n)$ denote the value of the product of all terms in the prime partitions of a natural number n . This will be abbreviated as **P.P.P.** This can be used as labels that distinguish each set.



λ inverse function of τ

Here, let us consider λ as the inverse mapping or weak inverse function of τ . If we regard this τ as a mapping* (in the broad sense) from the set of natural numbers $N1$ to the set of natural numbers $N2$. Since for each element of $N2$, there exists an element of $N1$ corresponding to it, we can consider its inverse mapping from $N1$ to $N2$, which is surjective. If we denote this inverse mapping as λ , then λ represents the sum of the prime factors of the number.

*strictly speaking, this is not a mapping since multiple outputs originate from a single input. However, as there was no alternative way to describe this concept, we shall also call it a mapping here.



Assuming $\Lambda(n) = ((Id \cdot 1_P) * 1)(n)$
 $\lambda(rad(n)) = \Lambda(n)$

λ is related to existing number-theoretic functions

Introduction of λ

By applying λ into goldbach Conjecture, the existence of twin primes, and related problems can be summarized in one place.

Theorem① Goldbach’s conjecture and $\forall n|n \in \mathbb{N}, \exists k|k \in \mathbb{N}, s.t. \lambda((n+k)(n-k)) = 2n$ are equivalent.

Theorem② Twin primes being infinitely existent is equivalent to n such that $\lambda((n+1)(n-1)) = 2n$ being infinitely existence.

Theorem③ The primes whose differences are $2k$ being infinitely existence is equivalent to n such that $\lambda((n+k)(n-k)) = 2n$ being infinitely existence for k .

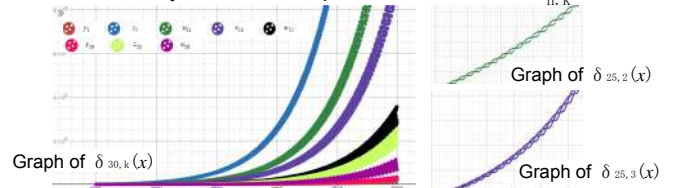
Extension 2: Arithmetic progression δ

Definition

The division of prime numbers restricted to only prime numbers p that are congruent to k modulo n is called an **arithmetic series** δ , denoted as $\delta_{n,k}(x)$.

Relationship of arithmetic progressions to the prime number theorem

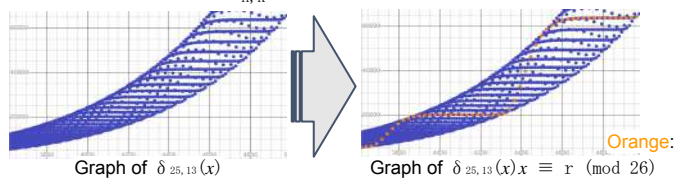
From the prime number theorem, about k that is mutually prime with n , The number of prime which becomes $\pi_{n,k}(x)$ (Numbers of primes that holds $p \equiv k \pmod{n}$ and $p \leq x$) appears in the same order at any k , and we expect it is as well as $\delta_{n,k}(x)$.



However it was not true. This seems to have Chebyshev’s bias, that is, a bias of small primes, which influences $\delta_{n,k}(x)$ a lot. In addition, $\delta_{n,k}(x)$ has a variety of shapes and we’re doing a research about what changes the shape of the figure.

Discussion of Graph

Then, think about x of $\delta_{n,k}(x)$ classifying by mod t



At this time, let us consider about x , which is congruent r modulo 26 , from the blue field (all of $\delta_{25,13}(x)$), the orange part appears and we classify $\delta_{n,k}(x)$ with $\delta_{n,k}(tx+r)$. We expect there is the order of the number of lines because the curved lines appear for each t .

We call each curved line “chain” and denote the number of chains classified by $\delta_{n,k}(tx+r)$ as $ch(n, k, t)$ or $ch(t) | n, k$.

Properties of “chain”

For some numbers, we calculated this function $ch(t)$, and $ch(t)$ demonstrated some properties.

Theorem

When $\delta_{n,k}(tx+r)$ is a wave, the x -coordinate difference between two adjacent points on a single chain divided by t shall be $ch(t) | n, k$

Conj.①

For $ch(t) = r | n, k$ ($r \geq 2$), there exists s such holds $ch(st) = 1 | n, k$. The most are r , and at least, it follows $1 \leq s \leq r$

Conj.② → Conj.③ ↘

$$ch(n-k) = ch(n) | n, k$$

$$\begin{cases} ch(t) = r | n, k \\ ch(s) = r | n, k \end{cases} \Rightarrow ch(t+s) = r | n, k$$

If these multiple properties are present, resulting changes complexly in the values, so we what sort of regularity exists is currently under investigation.

References and Acknowledgments

Chebyshev’s bias(wikipedia)
https://en.wikipedia.org/wiki/Chebyshev%27s_bias
 Dirichlet convolution(wikipedia)
https://en.wikipedia.org/wiki/Dirichlet_convolution
 Associate Professor Wataru Kai (Tohoku University), Associate Professor Hirofumi Nagoshi (Gunma University), and the students who collaborated on research during their first year. We extend our sincere gratitude to them all.

状況判別及び写真整理システム「Past Shot」の開発

- 群馬県立前橋高等学校 4班 -

背景・目的

写真は留めておきたい感情や物事を視覚的に保存することが可能

個人的: 子供、日々の活動 など
社会的: 植物や星の観測 など

その一方写真撮影には多くの課題も ...

写真の撮り逃し
撮影時間や撮影者の行動による制限 など

写真整理の煩雑さ
手動での分類、取捨選択 など
R7 推定約8割が「写真整理難民」*1

現状の写真整理システム

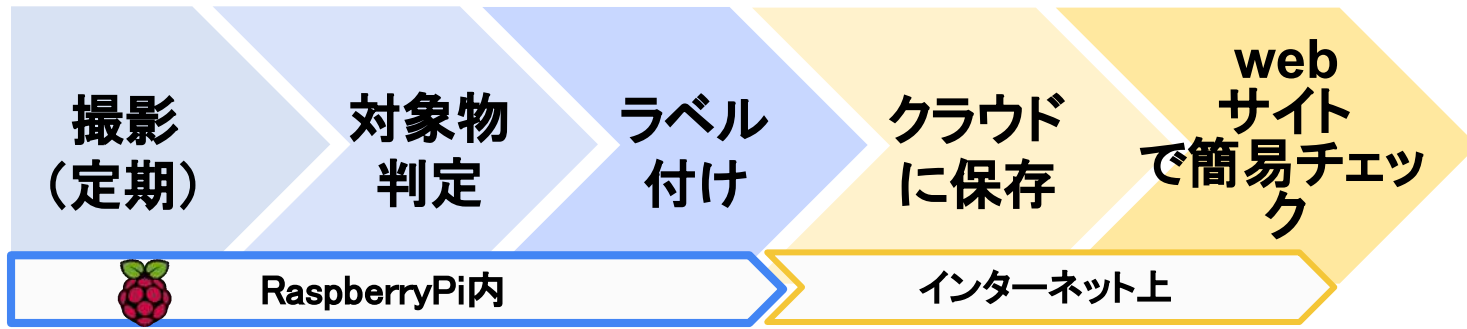
Google Photo 等

⇒ 細かな語感等が認識不可、有料などの課題

自動で希望する対象を撮影、
写真の保存・整理 による効率化を目指す

システム概要

目的達成に向けた試作プロセスを以下の通り策定した



Raspberry Pi内の機構

対象物判定

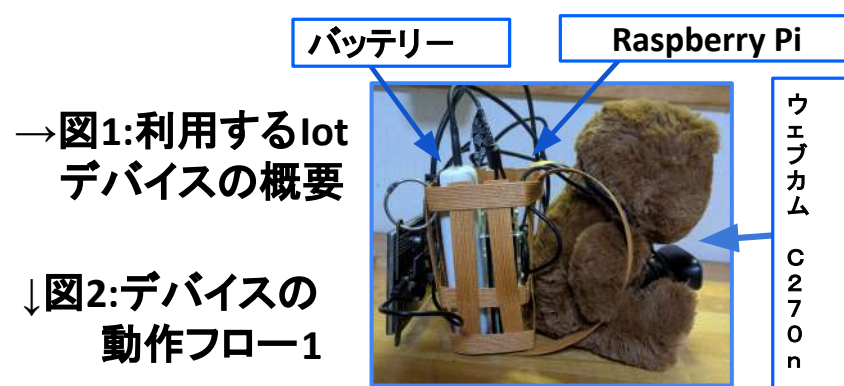
ChatGPT4o を用いて対象物の有無を判定

ユーザーの求める写真のみ抽出し、処理の負担やデバイスの容量の削減が可能に

ラベル付け

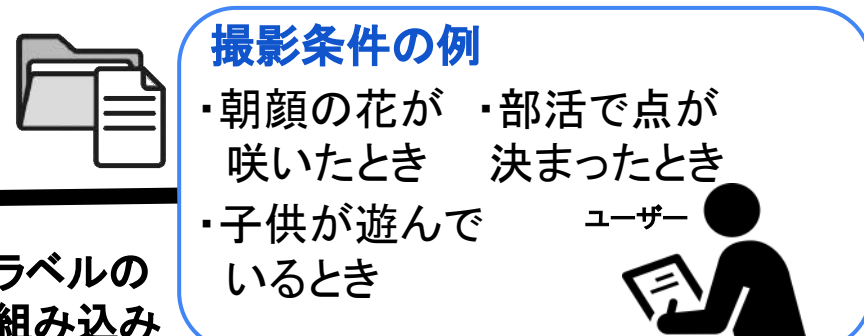
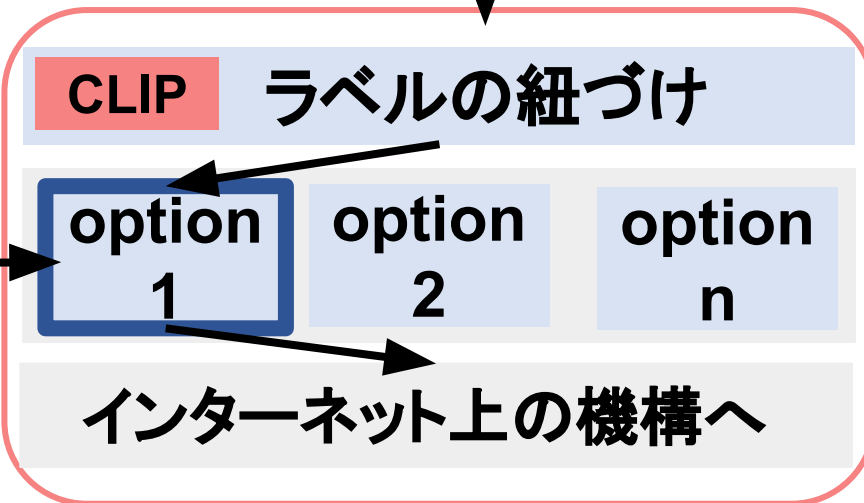
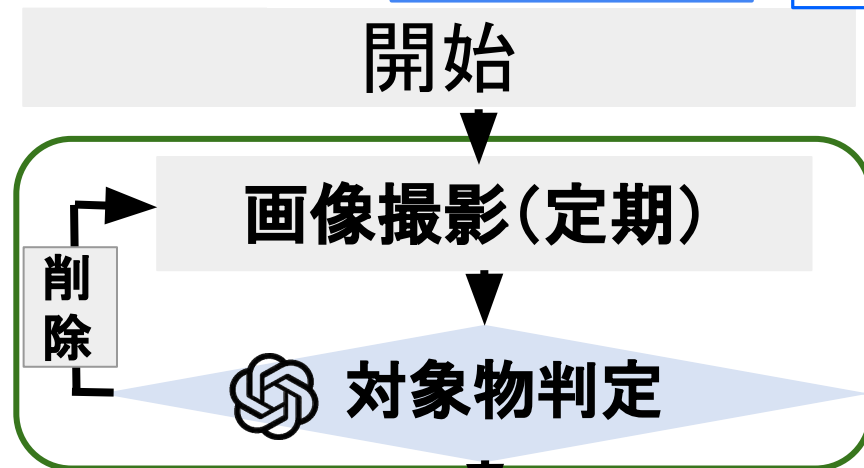
CLIP*1 を用いてユーザーの指定した種類毎に画像を整理する

CLIP: ※1 事前学習なしでテキストと画像間において高い精度での視覚的な判定が可能モデル*3



→ 図1: 利用するIoTデバイスの概要

↓ 図2: デバイスの動作フロー1



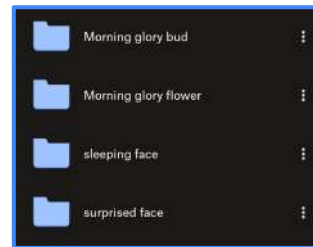
↑ 図3: ユーザーによるラベル入力

インターネット上の機構

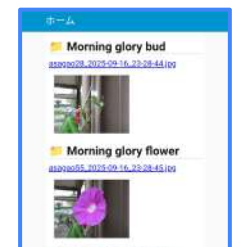
Dropbox にラベルと結び付けられた状態で画像を保存

Webサイト上でラベル毎に表示

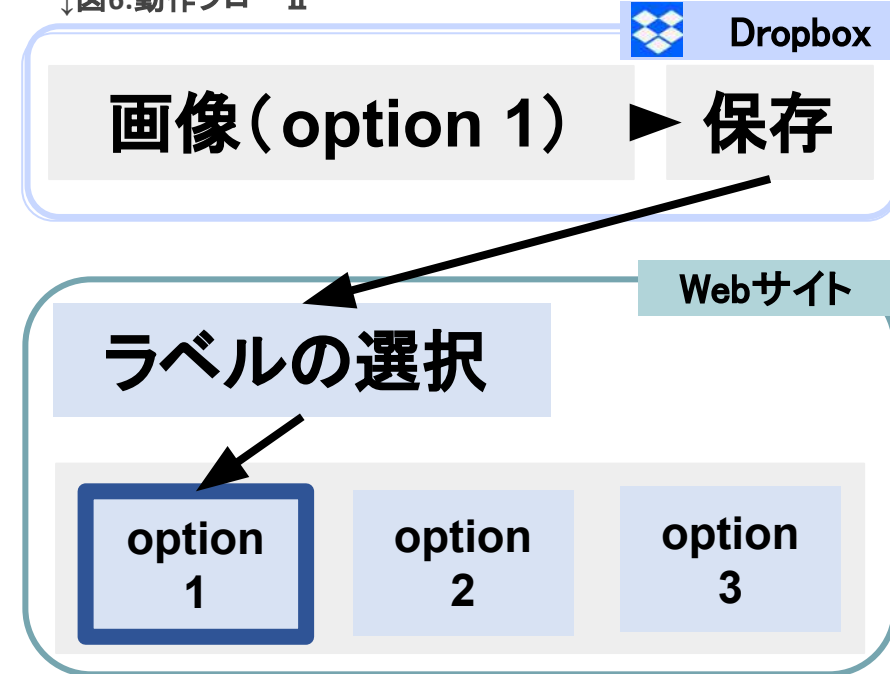
↓ 図4: Dropbox上のラベル毎画像フォルダ



↓ 図5: Webサイト表示例



↓ 図6: 動作フローII



システムの使用例

約7割の親が子供の写真を撮り逃す*2という課題を使用例として「Past Shot」の動作確認を行った

検証

対象物: 子ども

ラベル: 笑顔などの表情 とする

結果

- ・エラーなく動作が可能であることを確認できた
- ・連続判定で処理が詰まる課題を発見した

考察

処理が詰まった原因として、Raspberry Pi内で、対象物判定、ラベル付けを行った結果、処理が追いつかなくなったことが考えられる。



← 図7: 実際のWebサイト表示例
yawning ... あくびをしている

検証: ラベル付けの精度確認

検証

対象物の居場所の変化によるラベル付け判定精度の変化を距離4段階 明度3段階で各20枚撮影して検証した

結果

距離の25~100cm間
明度の22~236lux間 のすべての条件下で
9割以上正しい判定を確認できた



↑ 図8: 実験の様子

- ①: 対象物 (ぬいぐるみ)
 - ②: Webカメラ (図1のものと同様)
- 画像の条件は 25cm, 236lux

まとめ・展望

まとめ

ChatGPT → データ量の大幅な削減

CLIP → 細かなラベルの設定と画像との紐づけを可能に
Dropbox → ラベルと紐付けられた画像の保存を可能に
これらを組み合わせ「撮影・保存システム」の開発に成功

また、子供の一例では「Past Shot」のある程度の有効性が認められたことから汎用性も期待できる

展望

- ・Raspberry Piでの連続判定で処理が詰まる課題を代わりにArduinoで撮影し、サーバで処理を行うことにより処理速度を向上させる
- ・データの保存をDropboxに依存している現状をNode-redサーバでの画像保存に移行することによりシステムの拡張性を向上させる
- ・今後は汎用性について検証を行う

参考文献

1. PRTIMES「写真整理に関する意識調査」(2026年1月閲覧) https://prtimes.jp/main/html/searchrlp/company_id/18498
2. 子供の写真に関する調査(マイナビ子育て)(2025年5月閲覧) <https://kosodate.mynavi.jp/articles/23549>
3. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision: Cornell University (2025年5月閲覧) <https://arxiv.org/abs/2103.00020>

謝辞

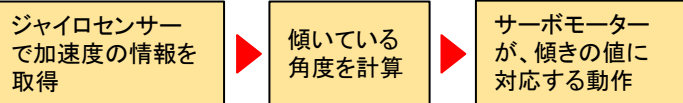
株式会社システムクリエイターズの皆様には開発にあたってご指導ご支援をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

研究事例・動機

- 日本** 年間約4000件の自転車転倒事故が発生※3
- 中国** 「稚暉君」氏が人が乗っていない状態で自立する自転車を開発し、技術を公開している。※1,2
- 現状** 人が乗った状態で転倒を防止する自転車は報告されていない。また転倒防止の事前段階である、人が乗っていない状態についても技術力が非常に高く、転倒しない自転車の再現が難しい。
- 目的** 人が乗っていない状態での転倒防止について高校生でも実装可能な範囲で検証する。

仮説 ジャイロセンサーで自転車の傾きを検知し、サーボモーター、滑車、たこ糸を用いてハンドルを制御することで転倒防止が可能ではないか。

この仮説をもとに以下のようなシステムであれば、ハンドルを適切に動作させられると考えた。



また、サーボモーターの動作角度に対してハンドル動作角度が小さいことから、傾いている角度をそのままサーボモーターの動作角度として使用すると非常に小さい動作しか見込めない。そのため、傾いている角度に係数をかけて、サーボモーターの動作角度を算出する。検証1～検証3にかけて、係数の値とサーボモーターの動作角度の算出は同じ数値、式を使用している。

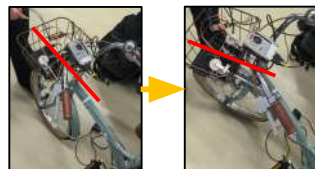
検証1:前かごに乗せたシステムからの動作

概要 前かごに乗せたシステムから18インチの自転車のハンドルを操作できるか調べる。27インチの自転車で検証する前に、まず、18インチの自転車で検証する。

方法 RaspberryPi4Bにサーボモーター、ジャイロをPCA9685を介して接続し、バッテリーで電力を供給する。ジャイロセンサーを測定限界まで傾け、その時のハンドルの最大動作角度を調べる。また、動作角度は図1のように画像上で判定した。

図1 画像測定のイメージ

結果 左右にハンドルが大きく移動した。移動量を測定した結果、最大25.2度動いていた。



考察 18インチの自転車のハンドルを大きく引くことを確認。

仮説 糸の強度、モータートルクが不足していた。また、糸の張りの調整も多く必要であり、糸自体も切れやすい。これらを解決することで、より安定した動作が可能ではないか。

検証2:モーターを増加させた際の動作

目的 変更したシステムで、より正確かつ強力な制御が行えるか調べる。

方法 下記の表のようにシステムを変更した。また同時に、18インチの自転車から27インチの自転車へと変更した。

変更点	検証1の段階	検証2の段階
サーボモーターの個数	1個	2個
糸	市販のたこ糸	引張強度54kgfの釣り糸
バッテリー	6.2V	7.2V
ターンバックル	-	1モーターに対し1個

これらを実装し、27インチの自転車でも18インチの自転車を用いた検証1と動作と同等のハンドル動作が可能かを検証する。測定方法は検証1と同様である。(図2)

図2 画像測定のイメージ→



- 結果** 左右にハンドルが大きく移動した。移動量を測定した結果、最大24.6度動いていた。
- 考察** 27インチの自転車のハンドルを大きく引くことを確認。さらに糸が切れにくくなり、張りの調整も容易になった。
- 課題** 現在の動作時間以内で転倒防止は可能か？
- 仮説** 自転車の転倒にかかる時間とハンドルの動作にかかる時間を測定すれば判断できるのではないか。

検証3:自転車の転倒とハンドル動作の速度

目的 自転車が倒れるまでにかかる時間より早くハンドルを動作させることが理論上可能かを調べる。

方法

自転車の転倒速度: 自転車を地面から垂直に立てた状態から、自転車が傾いて倒れるまでの動画(30fps)を撮影する(図3)。求める角度に傾くまでのフレーム数を数えて、そこからかかる時間を算出する。これを10回繰り返して、平均値をとった。



図3 自転車が倒れる動画のイメージ

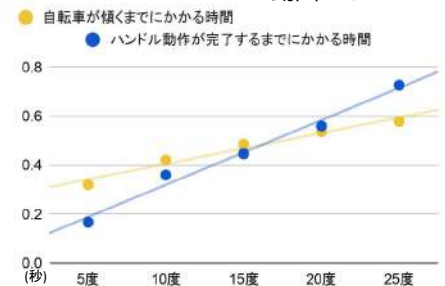
ハンドルの動作速度: ジャイロセンサーの傾き値を5度、10度、15度、20度、25度に変更できるようにプログラムし、値を変えたときに画面上にログを表示する動画を撮る(図4)。自転車の転倒速度を求めるときと同様にして時間を計測する。これを各角度でそれぞれ5回繰り返して、平均値をとった。



図4 ログを表示する動画のイメージ

結果

図5→ それぞれの角度における、自転車の傾く時間とハンドル動作が完了する時間の関係のグラフ。直線はそれぞれの値の近似直線



15度までの範囲では、ハンドル動作完了までの時間が自転車が傾くまでにかかる時間より短かった(図5)。

考察 自転車の傾きが小さいときには自転車が倒れる前にハンドル動作を行うことができる。15度までの範囲では現状の仕様において、ハンドル動作による転倒防止アシストは、一定の効果をもたらす可能性がある。

課題 自転車の傾きと、その傾きでの転倒防止に必要なハンドル動作量との関係が未調査である。

予想 1:同じジャイロセンサーの値で、今回の検証より大きなハンドル動作が要求される可能性があり、秒数が長くなり間に合わない可能性があるのではないか。

2:実際の走行では、傾きに伴いジャイロセンサーの値が徐々に増加するため、実験結果よりもハンドル動作時間はさらに短くなるのではないか。

今後の展望

- ・自転車の傾きに応じた転倒防止に有効なハンドルの動作角度の模索
 - ・人間の操作を優先したハンドルのアシスト方法の検証
 - ・これまでの研究を応用した、他分野への転用の模索
- 高校生に実装可能な範囲での転倒防止を目指す**

参考文献

- ※1 稚暉君「I made an AUTONOMOUS BICYCLE!」(令和6年10月閲覧)
<https://www.youtube.com/watch?v=kCL2d7wZiU8&t=528s>
- ※2 稚暉君「GitHub - peng-zhihui/XUAN」(令和7年1月閲覧)
<https://github.com/peng-zhihui/XUAN>
- ※3 警察庁「自転車関連交通事故の状況」(令和7年1月閲覧)
<https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/bicycle/kentakai/01/siryou07.pdf>

法人情報の真偽を判別するプロダクト「PIRD」の開発

群馬県立前橋高等学校 探総6

背景・仮説

インターネット上では偽情報が多く流布しており、偽情報による様々な被害が近年増加している¹⁾
特に 法人に関する偽情報では、法人や顧客が甚大な被害を被っている

背景 ファインチューニングさせたLLMを使って開発 ➡ 学習コストが多くかかり、学習ソースの量に限界がある

今回の目的 RAGを実装して ファインチューニングなしで利用できるAI (fAI)を使用したプロダクト「PIRD」を開発

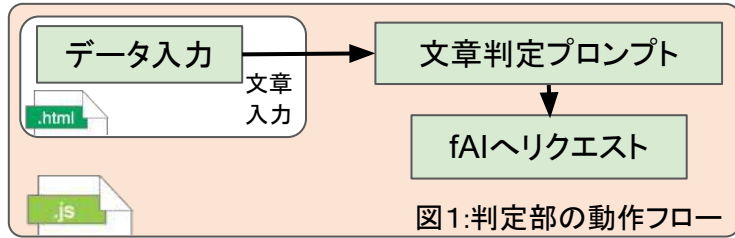
仮説

ファインチューニングした LLMではなく **RAGを実装して LLMを使用する**ことで**高精度化・LLMの情報更新の効率化**ができるのではないか

PIRDの実装方針

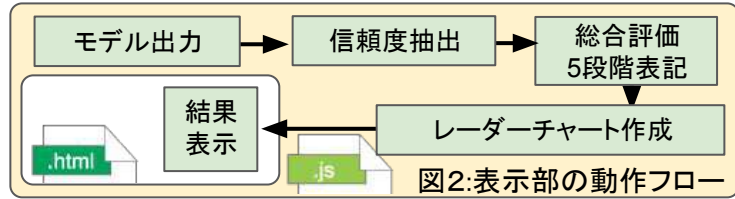
PIRDは、判定部(図1)と表示部(図2)から構成される。
RAGを実装したLLMをfAIとして、PIRDの実装をした。

判定部



表示部

総合評価はA~C表記とした。



判定部でのRAGの実装

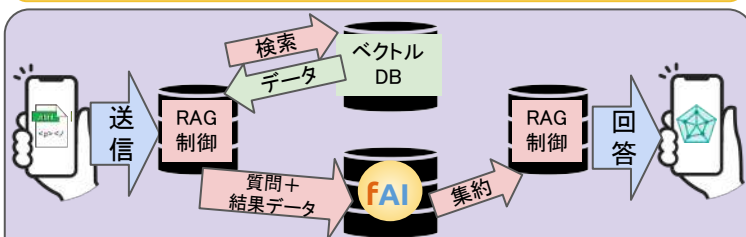
RAG(検索拡張生成)の技術を使用し、LLMのファインチューニングを必要としないAIの活用方法を採用した。
RAGは以下で示されている「RAG制御」「ベクトルDB」「fAI」の3つの要素で構成されている²⁾。

それらの要素を組み合わせ、RAGを実装した(図3)。

RAG制御: 外部エンドポイントとの接続およびAPIサーバーとしてFastAPIを用いて実装した。

ベクトルDB: ベクトル検索エンジンとしてQdrantを使用した。

fAI: 推論サーバーとしてvLLMを用い、LLMはELYZA-japanese-Llama-2-13Bを利用した。



検証:判定精度の比較

今回は 前橋高校を事例とし、PIRDとChatGPT(ChatGPT-4o)で前橋高校に関する情報のファクトチェック結果の比較を行った。
学習ソースにはWikipedia「群馬県立前橋高等学校」(正確性を確認済)をスクレイピングしたものを使用し、検証時には 前橋高校のホームページの情報に加え、インターネットに載っていない前橋高校に関する情報を含めて20個の文の真偽判定を検証した。
また、ChatGPTは検証中に検証する文を学習する可能性がある。それを防ぐため、ChatGPTについては1つの検証ごとに履歴を消去したうえで検証を行った。

検証結果

PIRD : 90.0%(18/20)

ChatGPT: 65.0%(13/20)

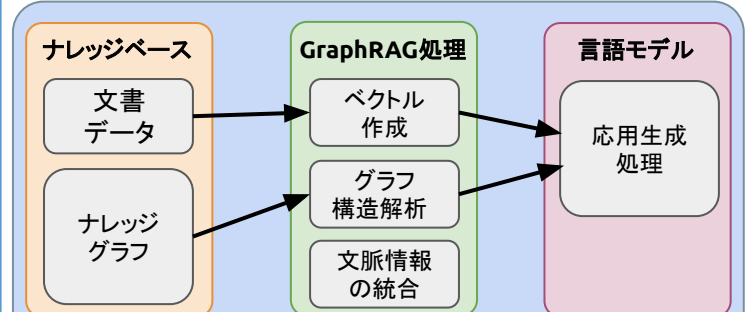


考察・課題

RAGによって、AI学習の効率化だけでなく学習ソースを大量に読み込めることによって 高精度化を実現できた。
ただ、RAGではベクトル類似度に基づいて文書検索を行うため、文書間の関係性や構造的な知識を十分に表現できない。

今後の展望: Graph RAGの実装

RAGとナレッジグラフ³⁾を融合させることにより、より効率的 且つ高精度な情報の真偽判定を実現することが可能となることが期待できる(図4)。



参考文献

- 「偽・誤情報の現状とこれから求められる対策」
https://www.soumu.go.jp/main_content/000867454.pdf
- 「RAG(Retrieval-Augmented Generation: 検索拡張生成)とは？」
<https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/2403/13/news035.html>
- 「GraphRAGとは？その仕組みや実装方法、活用事例を徹底解説！」
<https://www.ai-souken.com/article/what-is-graphrag>

Development of "PIRD," a product for verifying the authenticity of corporate information

Gunma Prefectural Maebashi High School Integrated Inquiry 6

Background・Hypothesis

False information is widely disseminated online, and various damages caused by such misinformation have been increasing in recent years.

1) Particularly in cases of false information concerning corporations, corporations and their customers are suffering significant damage.

Back ground

Developed using a fine-tuned LLM

➡ Learning costs are high, and there are limits to the amount of learning resources available.

Now purpose

Developed the product "PIRD" using AI (fAI) that can be utilized without fine-tuning by implementing RAG.

Hypothesis

Implementing RAG to utilize LLMs rather than fine-tuning them could potentially achieve **higher accuracy and improve the efficiency of updating LLM information.**

PIRD Implementation Policy

PIRD consists of a judgment unit (Figure 1) and a display unit (Figure 2).

I implemented PIRD using an LLM equipped with RAG as fAI.

Judgment Section

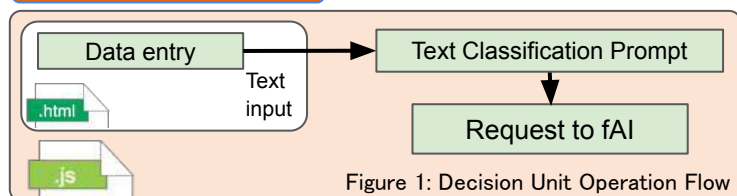


Figure 1: Decision Unit Operation Flow

Display section

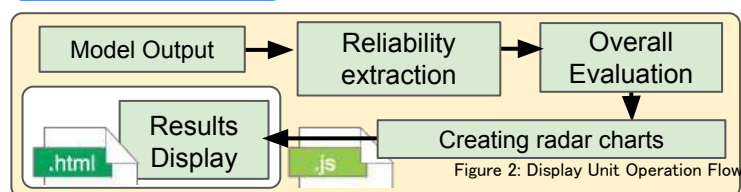


Figure 2: Display Unit Operation Flow

Implementation of RAG

I adopted an AI utilization method that employs RAG (Retrieval-Augmented Generation) technology without requiring LLM fine-tuning.

RAG consists of the three elements shown below: "RAG Control," "Vector DB," and "fAI" 2).

I combined these elements to implement RAG (Figure 3).

RAG Control: Implemented using FastAPI as an API server for connecting to external endpoints.

Vector DB: Qdrant was used as the vector search engine.

fAI: Employed vLLM as the inference server, using ELYZA-japanese-Llama-2-13B as the LLM.

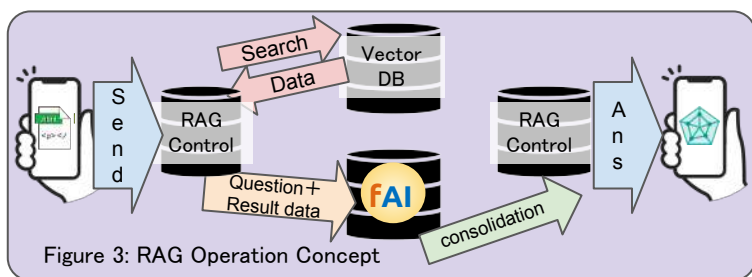


Figure 3: RAG Operation Concept

Verification: Comparison of Classification Accuracy

This study compared fact-checking performance of PIRD and ChatGPT (ChatGPT-4o) using information about Maebashi High School as a case study. The learning source consisted of scraped data from Wikipedia's "Gunma Prefectural Maebashi High School" page, which was verified for accuracy. I evaluated the truthfulness of 20 statements, including information from the school's official website and additional details not available online. To avoid potential data contamination, ChatGPT's conversation history was cleared before each verification task.

Verification Results

PIRD : 90.0% (18/20)

ChatGPT : 65.0% (13/20)



Example of Judgment Results (Confidence Level A)

Study Tour・Project

RAG not only streamlined AI training but also achieved high accuracy by enabling the processing of vast amounts of training data.

However, since RAG performs document retrieval based on vector similarity, it cannot fully represent the relationships between documents or structural knowledge.

Future Outlook: Implementation of Graph RAG

By integrating RAG with the knowledge graph 3), it is expected that more efficient and accurate verification of information authenticity can be achieved (Figure 4).

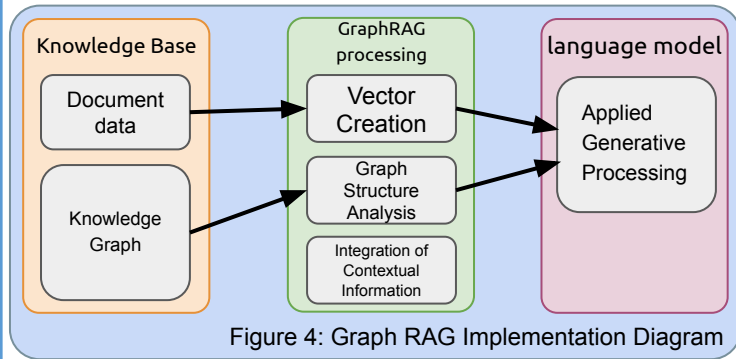


Figure 4: Graph RAG Implementation Diagram

References

- 1)「偽・誤情報の現状とこれから求められる対策」
https://www.soumu.go.jp/main_content/000867454.pdf
- 2)「RAG (Retrieval-Augmented Generation: 検索拡張生成)とは?」
<https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/2403/13/news035.html>
- 3)「GraphRAGとは? その仕組みや実装方法、活用事例を徹底解説!」
<https://www.ai-souken.com/article/what-is-graphrag>

ペットボトルロケットの噴射ノズルの最適化と評価方法に関する研究

群馬県立前橋高等学校 探究総合7班

要旨

ペットボトルロケットの推進能力はノズルの設計によるところが大きい。本研究では、噴射ノズルの内径の影響、さらにノズル材質の影響も評価した。3Dプリンタを用いたノズルの作製と評価装置の作製も見どころ。

1. 研究背景

熱力学の学習でロケットの推進に関する資料を見つけ興味を持った。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

身近なペットボトルロケットについて物理学習を通してより理解を深めたいと思い、研究することにした。

2. 実験準備 基準機とその仕様

市販のペットボトルロケット(下図)を購入して飛距離を測定した。飛距離は三角測量をもとに測定した。鉛直上向きに約42mの飛翔が確認できた。

ペットボトルロケット基準機
「タカギA400」
噴射ノズル径:4.5mm
ノズルの素材:ABS樹脂
水の量:400mL
空気圧:0.4053MPa

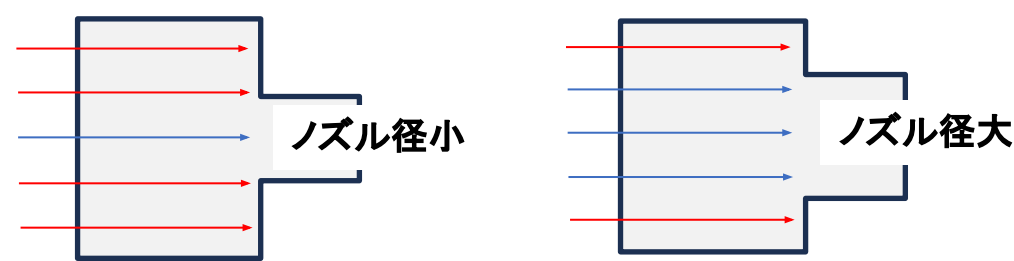
3. 評価装置の作製

推力計測のため、100均の植木鉢フレームで躯体を作製して上部にロードセルを逆さまに取り付けた。その下部にロケットを設置し作動させることで力を測定し、推力を評価した。データはラズパイを用いてPCに取り込みグラフを作成した。



4. 実験① 仮説・実験方法・結果

本研究では、まず、ノズル内径について実験を行った。ノズル径が大きくなるほど、構造的に噴出を阻害する部分の面積が小さくなることから圧力損失も減り、噴射量が増え、大きな推力が得られるのではないかと考えた。

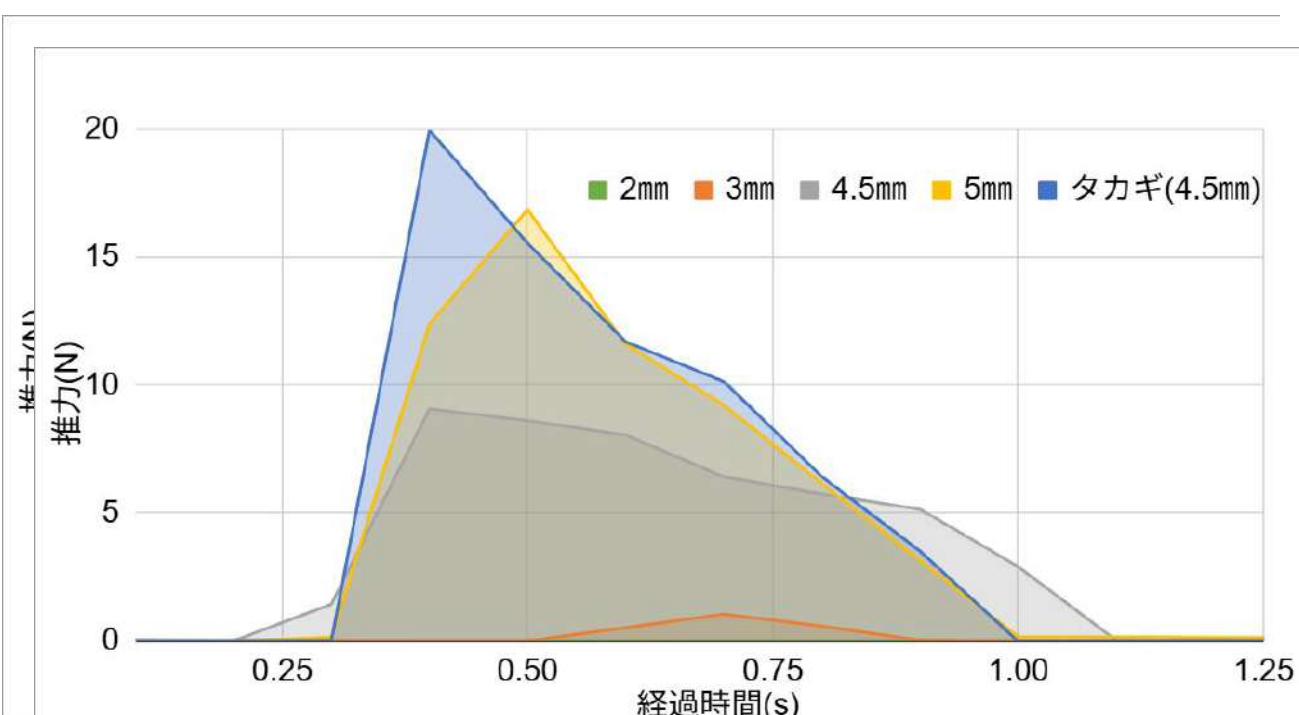


噴射が阻害される部分大きい。

噴射が阻害される部分小さく、
噴出量も大きい。

そこでノズル径が2mm/3mm/4.5mm/5mmの物(素材はPLA)を3Dプリンタで作製し評価した。タカギノズル(基準品:内径4.5mm、但し内径が徐々に小さくなる形状)も比較のために評価した。推力と時間(F-t)グラフから力積を計算し、表(1)にまとめた。測定は各ノズルで3回ずつ行い、ほぼ同様の結果が得られた。

図 推力測定 F-tグラフ



表(1) F-tグラフから計算した各ノズルの力積

ノズル径	2mm	3mm	4.5mm	5mm	タカギ(4.5mm)
力積(N・s)	0.0383	0.297	4.21	5.46	7.00

5. 実験① 考察

タカギノズル/内径4.5mm/内径5mmのグラフでは、左下図赤丸で示したショルダーがみられた。これは水だけが噴出する段階から水と空気が同時に噴出する段階に移行するときに見られる特徴と考えられる。⁵⁾

しかし内径2mm/内径3mmについては、推力が小さく、ロケット自体が持ち上がらなかったため、正確な値が取れなかった。さらに、内径4.5mm/内径5mmでは、内径が大きくなると噴出量も増加し、力積も大きくなったことからノズル径が大きいほうが推力が大きくなるということがわかった。

タカギが一番推力を伸ばした理由は、主に

- ①内径が徐々に小さくなる形状で圧力損失が少ないこと。
- ②空気及び水漏れが少なかったこと。が考えられる。

3Dプリンタで作製したノズルは水漏れが激しかった。これは、設計精度や材料物性の違い、3Dプリントに由来するノズル表面の荒れなどが原因として考えられる。そこで、材料物性が異なる3種類の材料でノズルを作製して材料物性の影響を評価した。

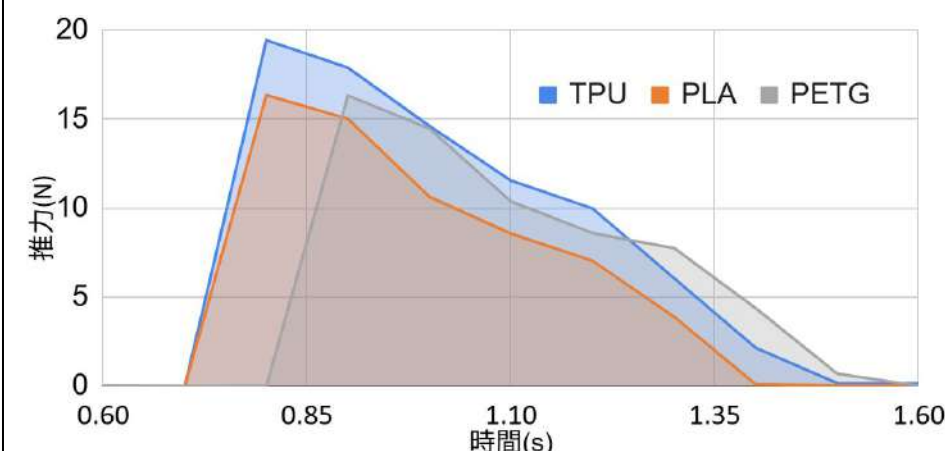
6. 実験②

この実験では、材料物性(硬度や弾性率など)が推力に影響するのかを調べるために、3種類の樹脂(PLA/TPU/PETG)でノズルを作製して評価した。PLAは硬くて剛性のある素材、TPUはゴムのような柔軟性のある素材、PETGはPLA以上の剛性に加えて、耐水性を持つ素材、ABSに近い。

表(2) 材料物性と実験で得られた力積

素材	PLA	TPU	PETG
力積(N・s)	6.26	7.44	6.77
引張弾性率(MPa)	2636±330	6.17±0.19	1472±270
0.4MPa下でのひずみ(%)	0.02	6.48	0.03
破断時伸び(%)	1.9±0.2	586±15.3	6.8±0.9

図 推力素材間比較



ノズル内径は5mm。表(2)に使用した樹脂の物性⁶⁾と作製したノズルの噴射実験グラフから求めた力積をまとめた。その結果、TPUが最も推力が高くなった。TPUは、弾性率が低く、高圧化ではパッキンのように作用し、密閉性が保たれ、漏れが少なくなったためと考えられる。したがって、ノズルに使う素材はTPUのような柔軟性の高いもののほうがよいということが分かった。

7. まとめと今後

- ノズルの内径が大きいほど推力が大きくなった。
- ノズルの材質は、柔軟性が高い物性の物がよいことが分かった。
- 基準品は内径が徐々に小さくなる構造で噴射が極力阻害されない工夫がされていた。
- TPU製ノズル径5mmの打ち上げ実験も行って評価したい。

8. 参考文献

- 1)水ロケット推力特性とノズル改良設計
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmemecj/2000.4/0/2000.4_525/pdf-char/ja
- 2)水ロケットの空力特性と飛行安定化について
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsass/52/609/52_609_449/pdf-char/ja
- 3)ペットボトルロケットの翼に関する考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ovama/37/0/37_KJ00004175907/pdf-c
- 4)水ロケットの推力特性制御の一方法
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsass/51/593/51_593_314/pdf-char/ja
- 5)ペットボトルロケットの非定常推力特性に関する研究
<https://share.google/QLd42brZa1nELvI2c>
- 6)meviev Marketplace
https://jp.marketplace.meviv.misumi-ec.com/info/ja/wp-content/uploads/2025/05/ZYUSHI_mmp_3dp_materials_specsheets_web.pdf

Optimisation of the nozzle of a water rocket and its evaluation

Maebashi Prefectural H.S. Grade 2
Tomohiro.K Takuma.K Koki.F Toya.M

Abstract

From learning of physics, we expected that we would be able to control the ability of propelling, which water rockets have, by altering the shape of them.

1 Backgrounds

We found an article^{1),2),3),4),5)} about propulsion from air during learning of thermodynamics, and we thought we could improve the rockets' ability.

2 Fundamental device

We launched the research to set the criteria by launching the following water rocket(Takagi-A400). We set up several conditions to be controlled.

Radius of the nozzle : 4.5mm
Material of nozzle : ABS Resin
Water amount : 400ml
Internal pressure : 400kPa



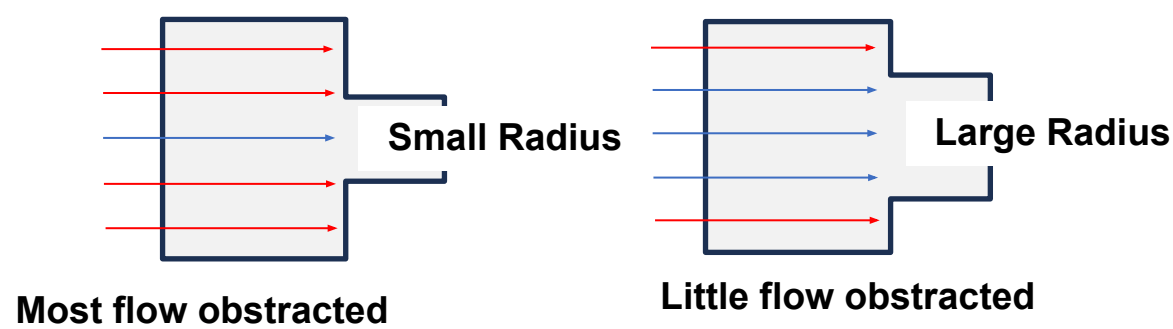
3 Evaluation device

A device was created using a load cell. A water rocket push the load cell and it sends a certain digital signal to Raspberry Pi. It enabled us to eliminate some of the unanticipated factors and the efficiency of experiments are significantly improved.



4 Experiment①

The initial investigation focuses on the internal diameter of the nozzle. It seems the greater the nozzle, the less the area which impedes the flow. This leads to a decrease in the pressure loss and an increase in the flow rate. Thus, the nozzles' performances shall be optimized.



Some different nozzles made of PLA with radii 2mm/3mm/4.5mm/5mm are 3D printed. Additionally, the Takagi's 4.5 nozzle is evaluated as the standard reference. The force and time (F-t) curve is used to calculate the power, as shown in Figure 2. The experiments were conducted three times for each nozzle, and the results were consistent for each nozzle.

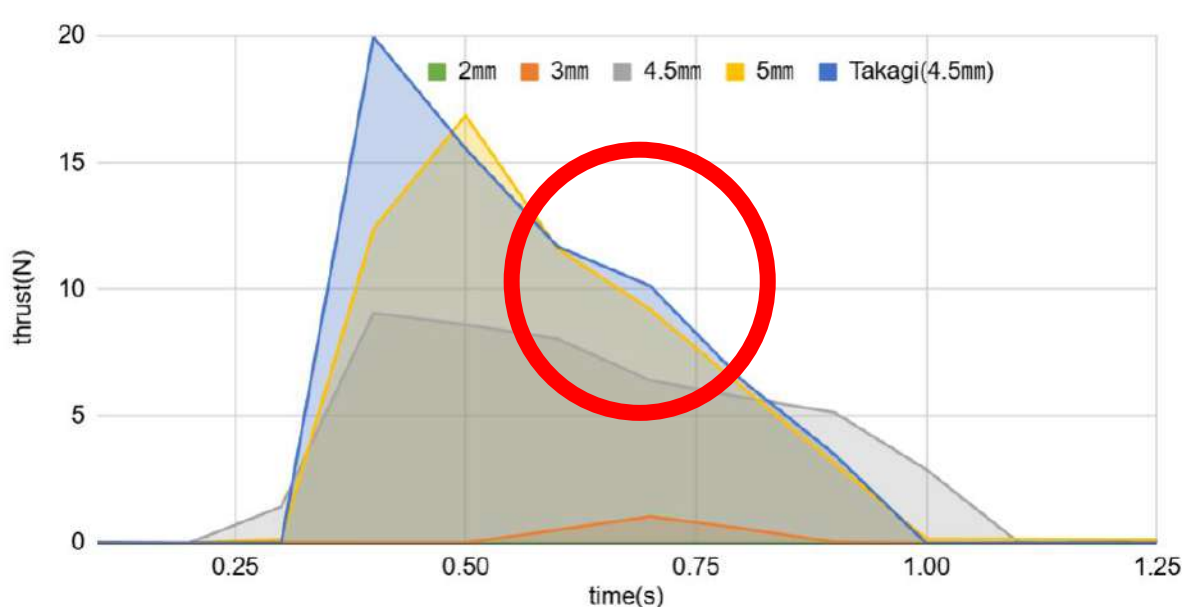


Fig1 F-t curves

Table2 F-t curves and its impulse(N·s)

Diameter	2mm	3mm	4.5mm	5mm	Takagi's(4.5mm)
Impulse	0.0383	0.297	4.21	5.46	7.00

5 Results and consideration of experiment①

In the graphs of Takagi with inner diameters of 4.5 mm and 5 mm, the shoulder of the curve is observed. This feature is observed when the thrust source transitions from a pure-water jet to a water-air mixed jet. However, for inner diameters of 2 mm and 3 mm, the force is insufficient to elevate the rocket, and therefore the precise value can not be determined. Additionally, for inner diameters of 4.5 mm and 5 mm, the more the inner diameter increases, the more the effusion rate, so does the force.

The reasons for the increase in force in Takagi can be categorized as follows:

(1)The decrease of inner diameter is gradual, resulting in a decrease in lost force.

(2)The air and water systems demonstrate a decline in effusion.

The 3D printer produces a lot of water drops. The discrepancies in design precision and material properties, as well as the surface degradation, can be attributed to the utilization of distinct materials. To assess the impact of material properties, three distinct materials are employed to create the components enabling a comprehensive evaluation.

6 Experiment②

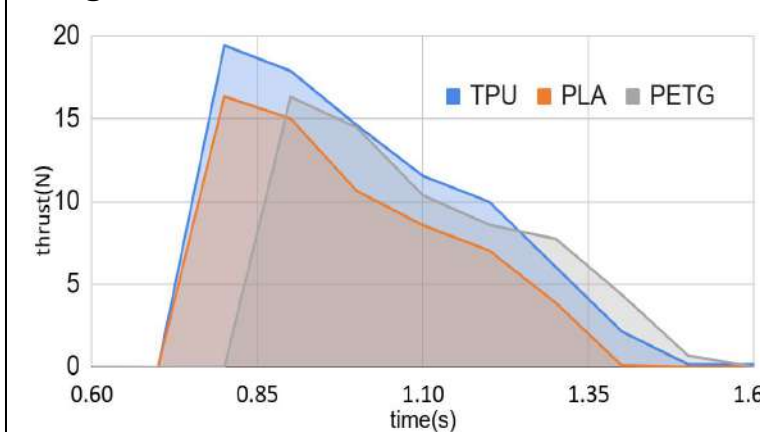
In order to investigate the impacts of material properties such as hardness and elastic modulus, on thrust, we fabricated nozzles consisting of three types of resin (PLA/ TPU/ PETG) and evaluated.

Inner radii are 5mm. We illustrated in Table 3 that a compendium of material properties⁶⁾ pertaining to the resin utilized, alongside

Table3 Material Properties and impulses

Material	PLA	TPU	PETG
impulse(N·s)	6.26	7.44	6.77
Strain at 0.4 MPa (%)	0.02	6.48	0.03
Elongation at break(%)	1.9 ±0.2	586 ±15.3	6.8 ±0.9
Tensile modulus (MPa)	2636 ±330	6.17 ±0.19	1472 ±270

Fig4 F-t curves



the impulses ascertained from the F-t graph of the fabricated nozzles, are hereby delineated. Consequently, TPU demonstrated the greatest thrust. We considered that TPU has Low modulus of elasticity of TPU makes nozzles to act like gasket, thereby it maintains the rockets sealed, and the leakage declined. Therefore, it was determined that materials exhibiting high flexibility, such as thermoplastic polyurethane (TPU), are optimal for nozzle fabrication.

7 Summary

- It was found that a larger nozzle inner diameter resulted in greater thrust.
- It was also found that nozzle materials with high flexibility are preferable.
- The reference model had a structure in which the inner diameter gradually decreased, designed to minimize obstruction to the flow during ejection.
- A launch experiment using a TPU nozzle with an inner diameter of 5 mm was also conducted and evaluated.

8 Reference

- 1)水ロケット推力特性とノズル改良設計
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmemecjo/2000.4/0/2000.4_525/pdf-char/ja
- 2)水ロケットの空力特性と飛行安定化について
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsass/52/609/52_609_449/pdf-char/ja
- 3)ペットボトルロケットの翼に関する考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/oyama/37/0/37_KJ00004175907/pdf-c
- 4)水ロケットの推力特性制御の一方法
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsass/51/593/51_593_314/pdf-char/ja
- 5)ペットボトルロケットの非定常推力特性に関する研究
<https://share.google/QLd42brZa1nELvI2c>
- 6)meviev Marketplace
https://jp.marketplace.meviv.misumi-ec.com/info/ja/wp-content/uploads/2025/05/ZYUSHI_mmp_3dp_materials_specsheets_web.pdf

音による硬貨の識別

1. 研究背景

音という新たな識別手段で、現在の硬貨の識別する機構を簡略化でき、また、音の識別を他のことに応用することができる可能性があると考えたため、行うことにした。

2. 研究目的

硬貨を落とす先の素材や高さを変えて、識別のため硬貨の違いによる音の違いの出やすい条件を調べる。

3. 研究①

硬貨の落ちる音を測定し、wavepadというアプリを用いて高速フーリエ変換(FFT)
(→時間領域の信号を周波数領域へ変換し、信号がどのような周波数成分で構成されているかを分析する手法)

→どの条件が特徴が出やすいのかを比較する

変数

硬貨: 10円玉 100円玉
落とす高さ(cm): 10 50 100
落とす先の素材: 金属
木



4. 仮説①

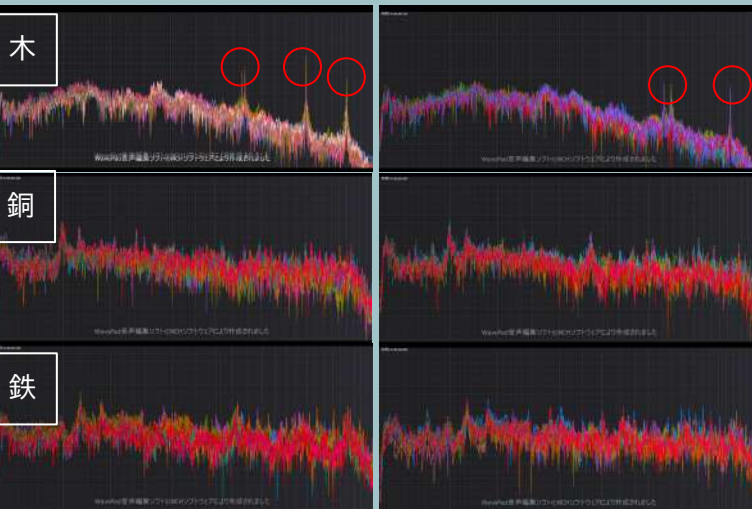
金属は音の反射率が高いため音波をほぼ完全に反射する。落下先を金属にすると、硬貨の振動が複数回反響し、硬貨自体の固有振動数がより強調できる。そのため、特徴が出やすくなると思った。また、落下の高さが高いほうが衝突時のエネルギーが大きくなるので音に特徴が出やすいと思った。

5. 結果

横軸:周波数(Hz) 縦軸: 振幅(dB),対数スケール
範囲:0~22000Hz 範囲:0~-128dB

10円

100円



6. 考察①

硬貨を落とす高さを変えても同じ硬貨だと音量が変わるだけで、音の成分は変化しないため、同じような特徴が現れた。また、落とす先の素材を変えると、木が突出している部分があり、最も差を区別しやすいとわかった。

7. 研究②

研究①で調べた特徴の出やすい条件下ですべての種類の硬貨の落ちる音を測定し、高速フーリエ変換
→それぞれの硬貨の特徴を比較する

8. 仮説②

硬貨の組成によって、密度や固有振動数が変わるので、組成が似ている硬貨は波形に似た特徴が出ると思った。

1円玉	純アルミニウム
5円玉	銅60.0~70.0 亜鉛30.0~40.0
10円玉	銅95.0 亜鉛4.0~3.0 ずず1.0~2.0
50円玉	銅75.0 ニッケル25.0
100円玉	銅75.0 ニッケル25.0
500円玉	銅75.0 ニッケル12.5 亜鉛12.5 (%)

造幣局ホームページより

9. 結果

横軸:周波数(Hz) 縦軸: 振幅(dB),対数スケール
範囲:0~22000Hz 範囲:0~-128dB

1円:(14200,14800)Hz 5円:8000,13600,20000Hz



10円:(7550,7800),12900,17850Hz 50円:11300,18500Hz



100円:(10300,10850),17600Hz 500円:(8100,8330),14000,18200Hz



10. 考察②

- 組成が同じ50円玉と100円玉はピークの数と位置が酷似
- 1円玉はアルミニウムのみから成り、ピークの分布が他の硬貨と比べて異質
→ 組成が類似する硬貨どうしはピークが似てくる

11. 今後の展望

・モーダル解析(→解析構造物がどんな周波数で、どんな形に揺れやすいかを調べるもの(固有振動数とモード形状))をする
→録音条件に左右されにくく、硬貨そのものの物理的特徴を取り出せる

・音から識別できるようにする
→データをAIに読み込ませて人なしでの識別もできるようにしたい

12. 参考文献

造幣局ホームページ

https://www.mint.go.jp/operations/production/operations_coin_presently-minted.html

マイクロプラスチックの体内蓄積メカニズムの解明

群馬県立前橋高等学校

探究総合9班

00 研究背景

近年、海洋におけるマイクロプラスチック汚染が大きな問題となっている。その中でもマイクロプラスチックの体内への蓄積及び生物濃縮は早急な解決が必要な問題である。



01 先行研究

スロバキア工科大学の研究は、海洋・淡水環境におけるマイクロプラスチックの分布と生体内蓄積を報告している。水生動物、特に魚類の消化管中で高頻度に検出されるものの、組織への移行順序や長期蓄積に関するデータは不明確だった。

引用：Ovenkárová et al. (2021) 『Microplastics in the Food Chain』日本語訳の上で要約

02 研究目的

マイクロプラスチックの蓄積や濃縮のメカニズムはあまり詳しくは解明されていない。今回の研究では、それらを詳細に解明することを目的とした。

03 仮説

生物の体内に入ったマイクロプラスチックは、消化管内に一時的に蓄積されるだけでなく、一部が腸の壁を通過して血管に入った後、肝臓や筋肉、その他の各種臓器へと移動する。また、この過程でマイクロプラスチックは組織内に蓄積され、その生物の健康に重大な影響を及ぼす。

04 実験方法

概要

マイクロプラスチックが混入した餌を実験動物に与え、体内での動向を観察する

素材	実験動物	エサ	水槽	観察	備考
マイクロプラスチックは非常に微小で地味なため、観察は困難 ↓ 蛍光物質を付着させた特殊なプラスチック粉末を使用(粒子サイズはマイクロプラスチックと同程度) ↓ 紫外線照射で青い蛍光を示し、場所の特定が容易	ゼブラフィッシュ 生命力旺盛(3cm) トランスルーセントグラスキャットフィッシュ 体のほとんどが透明 内臓や骨が透けて見える(5cm)	淡水魚用飼料(注1) + 混合 ↓ 蛍光樹脂(注2) ↓ 蛍光エサ	外掛濾過器 + 連結 + 底面濾過器 ↓ 底面のみから給水するよう調整 蛍光樹脂の直接の吸引を防ぎ、排泄物を1箇所に集める 特殊水槽	特殊水槽(注3) ↓ 一定時間後 ↓ 紫外線照射(注4) ↓ 蛍光が完全に消失するまでの時間を計測	この他に、対照実験として通常の餌を与え続けたゼブラフィッシュのグループも用意した。

(注1)GEX WILD FLAKE を使用 (注2) DAISO JAN-4650480342382 を使用 (注3)蛍光エサを直接吸引することがないように、GEX MR-300BK-Nを遠距離給水方式に改造した水槽のこと (注4)長波紫外線ライトLL-09D-3を使用

05 実験結果



トランスルーセントグラスキャットフィッシュ
(蛍光が確認された部位を茶色で着色した)

経過月数とゼブラフィッシュの生存率(%)



蛍光物質が完全に排出されるまでにかかった日数(注5)

約35日

(注5)胸部の蛍光の消失で判断

06 考察・まとめ

トランスルーセントグラスキャットフィッシュを用いた実験から、食物とともに摂取されたマイクロプラスチックは一度胃に集まり、その後、腸を中心とする消化管内に長期間とどまることがわかった。また、血管とみられる組織で蛍光が確認されたことから、マイクロプラスチック表面の蛍光物質が血液中に取り込まれ、全身を循環していたといえる。さらに、ゼブラフィッシュの実験では、マイクロプラスチックを継続的に摂取すると生存率が大幅に低下し、一度取り込まれた粒子が最長で35日間にわたり体内に残ることが明らかになった。これらの結果から、マイクロプラスチックは消化管を通過するだけでなく、器官の壁に付着したり体内に取り込まれたりすることが示された。こうした蓄積の仕組みを解明することは、環境や人への影響を抑える新しいプラスチックや治療法の開発につながると考えられる。

07

引用文献・参考文献

引用文献

Ovenkárová et al. (2021). Microplastics in the Food Chain.

参考文献

東京科学大学 (2022). 「マイクロプラスチックが生態系に与える影響を研究」
<https://www.titech.ac.jp/public-relations/research/stories/next07-cheng> 2026年1月15日.

生成AIは司法の世界でどう働くか

群馬県立前橋高等学校 探求総合10班

研究背景

生成AI等の技術の発展に伴って、幅広い分野での活用が始まっている中、司法の世界におけるAIの在り方と活用法についての議論は加速している。将来的に志す分野でもある司法分野におけるAIの在り方について自分も高校生の立場から考えてみたい。



先行研究

- ①現在様々な議論が行われている
- ②司法分野におけるAIの活用法として主に、何かしらの**補助的役割**が検討されている。(情報収集、資料整理、会議進行役等)
- ③一般人に向けた**司法関係のAIの性能には限界があり、認知度も低い。**

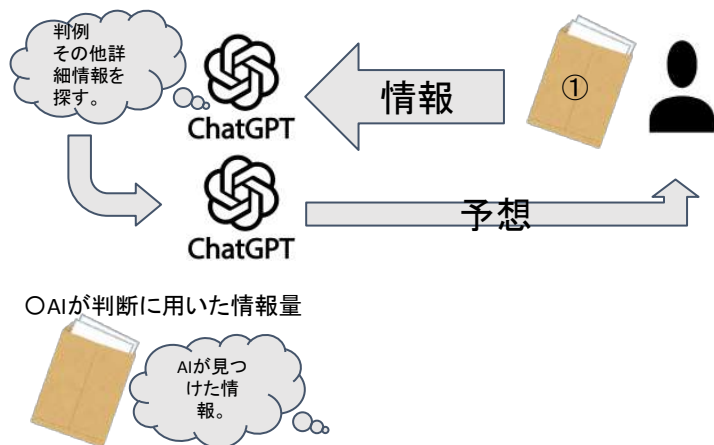
仮説 予想

生成AIを今後単なる補助的な役割のみでなく、裁判等における重要な役割を担う存在として用いることは可能。



実験①

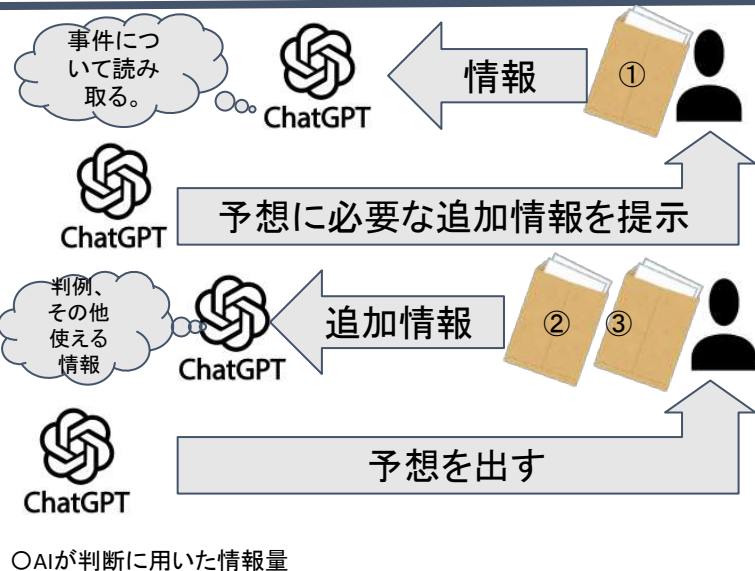
- ①生成AI(Chat GPT)に裁判の概要(争点等)が書かれた資料を読み込ませる。
- ②今回の裁判に似た事件の裁判とその判決についての情報を収集させる。
- ③①で読ませた情報と②でAIが収集してきた情報から裁判の判決を予想させる。



結果①

AIは予想を外した。

○情報量の少なさが原因
⇒事件に関する詳細情報(事件に関係している契約の内容、詳細な日時や人間関係等)が与えられていないので、判例と大まかな概要のみから判断し、事件の詳細な状況を考慮できていなかった。



実験②

- ①実験①の資料と同じ情報量の資料(別の事件のもの)を読み込ませる。
- ②判決予想の為に必要な情報をリストアップさせる。
- ③裁判の判決が出た後に、公開された情報からAIが望んでいた情報(事件の中の契約、当事者同士の関係性、動いた金額、裁判資料内の特記事項等)を集め与える
- ④判決を予想させる。

結果②

AIの予想は的中した。

○情報を適切に与えれば、正しい予想が可能なのか。
⇒実験①に比べ多くの詳細な情報を入力した、真似事のような①の予想から より実際の裁判に近い情報の分析が行われたのではないか。

考察と今後の展望

二回の実験から、生成AIを裁判をはじめとした司法の分野に応用するには、**膨大な情報量を必要とすることがわかった。**また**情報収集能力に長けていることも再認識した。**公的な場面で用いるのはまだ難しくても、一般人への認知度が低い専門の法律AIに代わって、近年身近になっている生成AIツールを**事件当事者となってしまった一般人**やその他の一般人が**情報収集**や**判決の予想**に用いることで、**大衆の議論が加速し、司法分野への関心の高まりにつながると考察する。**

感想 生成AIの進化を大きく感じた。今後も進むであろう、司法分野とAIというテーマの議論に関する情報に注目していきたい。

<https://www.courts.go.jp/saikosai/>
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUE2818Y0Y5A420C2000000/>
https://www.funaisoken.co.jp/dl-contents/industry-ai2-judicial_S060

民主主義の意義

群馬県立前橋高等学校 探求総合11班

探求の背景

2022年頃から世界的なポピュリズム台頭が始まり、特に2024年にアメリカで誕生したトランプ政権は様々な強権的手法で政治を行っている事、及び知識を持たない人も政治に関与する民主主義の下ではデマゴグによる扇動を完全に防げないという事が反民主主義的主張の根拠になっていることから、改めて民主主義の意義を自分で考えることにした。

留意事項

「民主主義の意義」という概念には数理的学問の様に明確な単一の「像」は存在せず、個々人の思想によってそれは異なる。従って、以下の論は絶対的な正解であると主張するものではなく、あくまで「政体の意義を考える重要性」を示す一つの例に過ぎない。

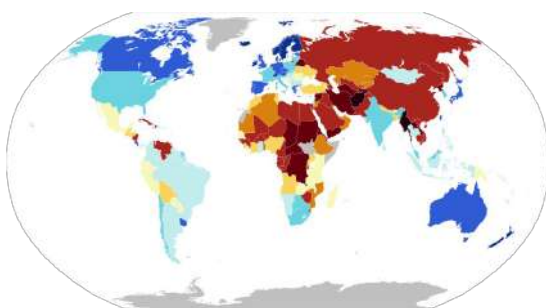
民主主義の歴史

記録に残る世界最古の民主主義は古代ギリシャのアテネに存在し、その頃から民主主義の是非の議論は存在した。しかし、アテネが滅亡した後、民主制は「衆愚制」の烙印を押され、長期間忌避された。しかし、十字軍の失敗によって教皇の権威が低下していったことによってそれまで絶対的であったキリスト教的価値観が変化し、「理性」が重視される様になったことで「啓蒙思想」が生まれた。その中で支配・被支配の関係を秩序が存在しない「自然状態」で人々が結んだ契約の結果であるとする「社会契約説」が生まれ、その考え方を基にして、ロックやルソーら啓蒙思想家による民主的政体を正当とする論が展開された。今日でも、彼らの理論は世界的に民主主義が正当な政治体制であると考えられる根拠とされている。

政体の選択肢

現代の国際社会では、少なくとも名目上は殆どの国際連合加盟国が民主主義国家である。しかし、実態としては独裁的な国家も存在している。そのため、一般的な人々は、政治体制は民主制か独裁制かの二項対立だと認識し易い環境になっている。しかし、政治体制はその二つだけでなく、統治機構が存在しない無政府主義もあり得る。(図)は、作成者が考案した政治体制のスペクトラム図である。

図



青に近い程民主的で、赤や黒に近い程独裁的

政体毎の利点・欠点

政体毎に性格があり、特徴を持っていて、制度をそれぞれの政体に近付ける程強く特色が出る。どの利点を重視するかが政体選択の理由になる。

民主制

利点

被支配者(国民)が社会を変える統治機構の支配者を決めるため、被支配者の利益や意見を反映した政治が行われやすく、被支配者の生活が改善されて幸福度が高くなり易い。また、支配者に相応しくない人物に責任を問い易い。

欠点

独裁制と比較して意思決定が遅い。政治の知識に乏しい人も政治に関与するため、扇動されやすい。長期的な視点に立った政策が行われづらく、「人気取り」の為に現実に即していない政策が採られる恐れがある。

独裁制

利点

支配者に権力が集まっているので、支配者の能力が高ければ、理論上は迅速に、最終的に利益が最大になる政策を遂行することが出来、民主制よりも効率的。

欠点

支配者に責任を問う事が困難であるため、支配者が失政を繰り返したり、私益の為に国家や被支配者に害を及ぼす行いをする事を防止出来ない。

無政府主義

利点

理論上は全ての人が各々の思想や利益に従って行動出来、意志に反する決定を強制されず、少数意見が抑圧されない。

欠点

強者の専横を防ぎ弱者を保護する仕組みが全く存在しないため、弱者の生存が難しくなり、強者による支配的な体制が形成されていく可能性がある。また、統一的な法規を守らせる力が存在しないため、協力や取引が難しくなり、技術発展や大規模事業(例:交通網の整備)といった、一人では実現不可能な取組が難しくなる。

展望・感想

様々な政治形態の思想的土台を知るとは、人々が煽情的な言説に惑わされずに各々の政治的立場を決定することを可能にする事に繋がり、それは現行の日本の政治体制である民主主義の質を高めることに繋がる。よって、今回の研究を期に、それぞれの政治体制が社会にどの様な影響を及ぼすのかについてより深く考えたい。

参考文献

[ボリスの衰退](#)
ジョン・S・ミル「自由論」
[熟議民主主義 - Wikipedia](#)
[アナキズム - Wikipedia](#)
[個人主義的無政府主義 - Wikipedia](#)
[政治体制 - Wikipedia](#)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/59/Economist_Intelligence_Unit_Democracy_Index_2024.svg/2560px-Economist_Intelligence_Unit_Democracy_Index_2024.svg.png
Dashing24 - 投稿者自身による著作物, CC 表示-継承 4.0 国際
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=160852381>

音叉からの上音の除去・抑制方法 上音の変化要因の明確化

群馬県立前橋高等学校 探求総合ゼミ 1班

研究背景・目的

音叉の波形を記録した際に、基音とは異なる周波数の音が発生していた。事前調査の結果、その音は「**上音**」^[1](**基音より周波数が高い音**)である事がわかった。また、「一般に振動数が高いほど減衰が急激に大きくなるので、音叉の場合、上音はすぐに消え、基音のみ残り、純音の発生に適している」^[2]事がわかった。そこで、**叩いた直後から基音のみの音を鳴らすために上音を除去・抑制する方法を探し、上音の変化要因を明確にしたい**と考えた。



図1: 実験で使った音叉

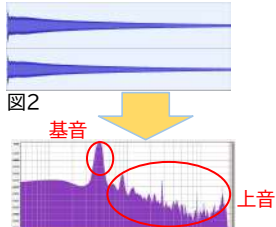


図2

図3

図3: 図2のスペクトル解析の結果 縦軸: 振幅 (dB) 横軸: 周波数 (Hz)

図2: 図1の音叉の波形 縦軸: 振幅 (単位不明) 横軸: 時間 (s) 測定範囲: 約12秒間

実験1; 基音の周波数と発生する上音の関係

方法

手持ち音叉を複数用意して、叩き棒で叩いて音を鳴らし、audacityというアプリを用いて波形を記録する。叩いた直後の音(約1秒間)をスペクトル解析(音の振幅を周波数成分ごとに分解する解析)して、含まれている上音の違い(周波数成分や振幅)を調べる。この時、叩き棒は同一個体を使い、同じ人が実験を行うようにした。

仮説

叩く力が一定の時、音叉の基音の周波数を高くすれば、叩いた直後に含まれる上音の周波数成分も同時に高くなるのではないかと考えた。

結果

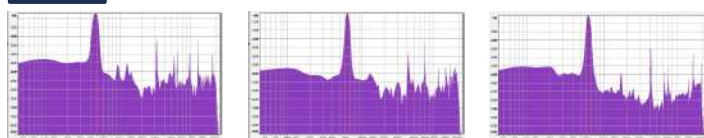


図4: 音叉O(基音475Hz) 図5: 音叉P(基音640Hz) 図6: 音叉I(基音640Hz)

結果の分析・考察1

音叉Oと音叉Pを比較すると、含まれている上音の周波数成分の個数が異なるため、どの上音が対応しているのかの判断ができなかった。また、音叉Pと音叉Iを比較すると、基音の周波数が同じであるが、上音が異なる。このことから、**再現性が不十分**であったと考察する。具体的には、**制御できなかった変数(振幅)やこの実験で定義していなかった変数(叩く部位)**によるものだと考えた。そのため、より細かく条件を設定する必要がある。

実験2; 叩く部位と発生する上音の関係

方法

振り子の位置エネルギーを用いれば叩く力を一定できるのではないかと考え、2つのスタンドから糸を垂らしてゴム球を吊るした図8の器具を作った。糸で吊るすためにゴム球にネジを付けた。

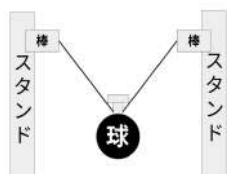


図7: 実験器具のイメージ図

実験2; 叩く部位と発生する上音の関係

方法

ゴム球が達する最下点で音叉を叩くようにして、糸が張った状態で糸が床と水平になる位置からゴム球に初速度を与えないようにゴム球を落とす。高さを変える際には、糸を留めている2つのスタンドの棒の高さを同時に変える。



図8: 作成した実験器具

同一個体の440Hzの音叉で、叩く部位を音叉の上端から2cm下の位置から、さらに2cmずつ上げたときの約1秒間の上音を比較した。ゴム球11.6g、室温11℃、音叉から測定機器までの距離30cmで実験を行い、糸の長さ、ゴム球の個体は変えないものとする。今回用いた音叉の共振部の長さは10cmで、2~8cmでの上音を調べた。

仮説

ある一定の部位で上音の周波数成分の数が少なくなる、または、上音の音の大きさ(dB)が小さくなるのではないかと考えた。

結果

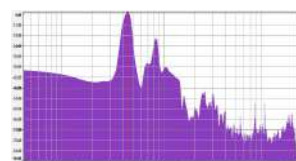


図9: 上端から2cm

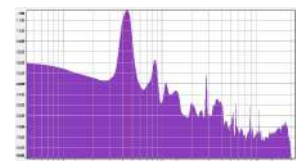


図10: 上端から4cm

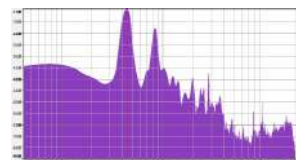


図11: 上端から6cm



図12: 上端から8cm

結果の分析・考察2

以上の結果より、上音のピークの周波数成分(音が一番大きい上音)での振幅は、**4cm**のときが一番小さくなっている。その周波数成分について、835~845Hzで基音の周波数約1.9倍となっており、**倍音(基音の整数倍)**ではないことがわかった。今回は、**環境音などのノイズ**や、目視による確認のためゴム球を落とす際的位置が変わったことが誤差の原因であると考えられる。

結論

今回使用した440Hzの音叉の場合、**音叉の共振部の上端から4cm**を叩くと上音を抑制できる

今後の展望

叩く部位による上音の発生の様子を調べる実験で、1cm間隔にしてより詳細に実験する。また、別の音叉ではどのような結果になるのかを実験して調べる。基音の周波数と上音の関係や、振幅と上音の関係を調べる実験を今回の器具を使って行う。

参考文献

- [1]コトバンク 上音の解説 <https://kotobank.jp/word/%E4%B8%8A%E9%9F%B3-78855>
- [2]コトバンク 音叉の解説 <https://kotobank.jp/word/%E9%9F%B3%E5%8F%89-41890>
- [3]コトバンク 基音の解説 <https://kotobank.jp/word/%E5%9F%BA%E9%9F%B3-49938#:~:text=%E3%81%8D%E2%80%90%E3%81%8A%E3%82%93%E3%80%90%E5%9F%BA%E9%9F%B3%E3%80%91,%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E9%9F%B3%E3%80%82>
- [4]「なんとなくわかる」大学の数学・物理・情報 フーリエ変換の解説 <https://www.krko.com/fourier-transform/>
- [5]振動モードとは？1分でわかる意味、求め方と固有値解析の関係 <http://kentiku-kouzou.jp/taishin-sinducodemod.html>

フラス排出量測定に基づく 樹木内に生息するクビアカツヤカミキリの幼虫の活動量検出

群馬県立前橋高等学校 2年 探求総合2班

1. 研究背景・目的

研究背景

近年、クビアカツヤカミキリの幼虫[図1,2]がサクラやウメなどのバラ科の樹木を枯らす被害が全国的に発生し、群馬県でも大きな損害を受けている。



図1:成虫

幼虫は業者による薬剤駆除によって撃退するが、樹木内部の深くに生息するため死滅を直接確認できない。

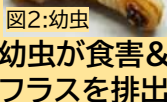


図2:幼虫

幼虫が食害&フラスを排出

ゆえに、フラス(幼虫のフンと木くずの混合物)[図3]の増加によって駆除の成否を確認することが推奨されている[1]。



図3:フラス

しかし、現状は被害樹木の本数が多いため、**駆除効果を確認しきれない**という課題がある。

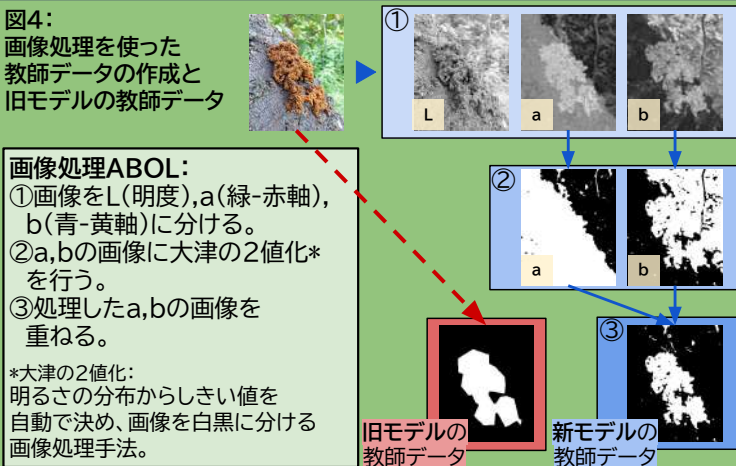
研究目的

定点撮影画像を用いてフラス量の変化を定量化し、幼虫に対する薬剤効果を評価する手法を確立する。

- 汎用的なAIモデル YOLOv8 [2]を用いた、フラスの自動検出手法を確立する。
新モデル...画像処理を活用した高品質な教師データ
旧モデル...従来のマニュアル操作の教師データ
2つの検出精度を比較検証する。
- この高精度な手法(新モデル)を用いて、定点撮影画像からフラスの増加を検出できるか検証する。

2. 高精度な教師データの制作

画像処理を活用してフラス領域を強調した画像を生成した。これら2つの教師データとし、YOLOv8に学習させた。[図4]



参考文献

[1] 森林総合研究所 クビアカツヤカミキリの防除法 p.14 ⑤駆除の成否の確認 <https://www.ffori.go.jp/pubs/chukiseika/documents/5th-chuukiseika12.pdf>
[2] Ultralytics. YOLOv8 Documentation. <https://docs.ultralytics.com>
[3] L. R. Dice, "Measures of the amount of ecologic association between species," Ecology, vol. 26, no. 3, pp. 297-302, 1945.
[4] P. Jaccard, "Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura," Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, vol. 37, pp. 547-579, 1901.

3. 学習モデルの判定精度比較

旧モデル・新モデルの判定結果を比較した。

評価指標として、予測領域 P と正解領域 G の一致度を表す Dice係数[3]及び Jaccard係数[4]を用いた。

$$\text{Dice} = \frac{2|P \cap G|}{|P| + |G|} \quad \text{Jaccard} = \frac{|P \cap G|}{|P \cup G|}$$

Dice係数は重なりを重視し、Jaccard係数は過不足を厳密に評価する指標である。

結果は、新モデルは Dice係数が 11%、Jaccard係数が 8% 旧モデルと比べ向上した[図6]。

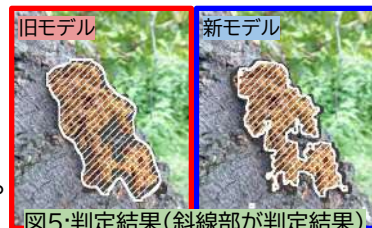


図5:判定結果(斜線部が判定結果)

また、新モデルはフラスの輪郭に沿って高精度に判定した[図5]。

以上より、高品質な教師データはフラスの高精度検出に有効だと考えられる。

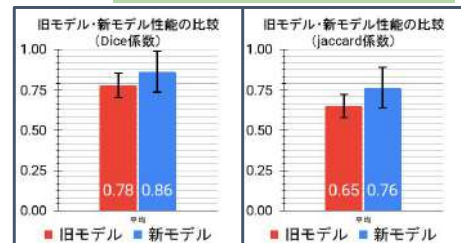


図6:判定結果グラフ

4. フラスの増加量検出の実地検証

一日経過してフラスが増加した画像を用意した[図7]。

A・B部分を新モデルでそれぞれの画像を判定し、差分を増加量として出力した[図8]。

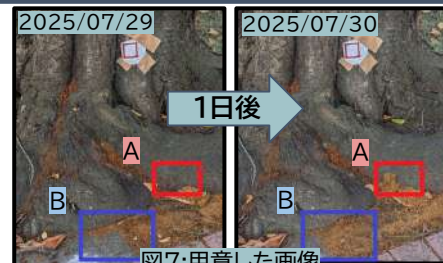


図7:用意した画像

その結果、フラスの増加を捉えることに成功した。

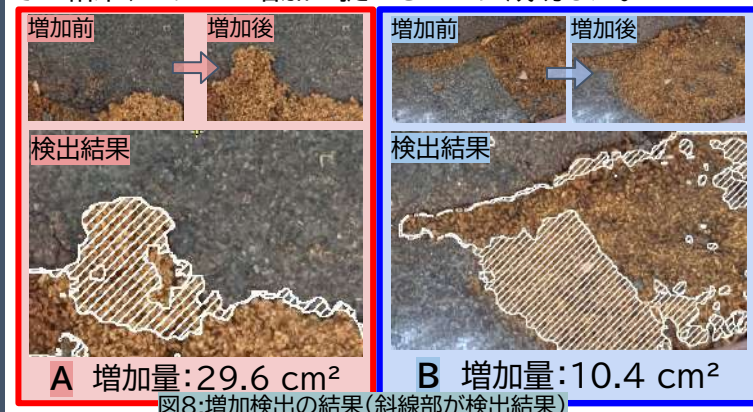


図8:増加検出の結果(斜線部が検出結果)

5. まとめ

画像処理を用いた教師データを学習したYOLOv8によりフラス領域を高精度に抽出し、フラス量の時間変化による増加を検出することができた。本手法は、薬剤駆除後の幼虫の生存状況を非破壊かつ客観的な評価に期待される。

謝辞

群馬大学数理データ科学教育研究センター 青木悠樹教授、木森義隆教授、中島聖人さん、群馬大学教育学部理科教育講座 佐藤綾准教授には研究に際し、多大なる御指導、御支援、御協力を賜りました。この場を借りて御礼を申し上げます。