

交通シミュレーターSUMOを用いた 渋滞現象の分析



1 背景

去年の2Dβ11班が、水引交差点の交通渋滞を解消する信号サイクルを考案したが、水引交差点は、国道と県道が交差するため、厚木市の力で解決するのは難しかった。よって、近くを通る萱山交差点の信号サイクルを改変することで、水引交差点の交通渋滞を間接的に解消することとした。

2 仮説

萱山交差点の信号サイクル改善すること水引交差点の渋滞を解消することができるのではないかと。

3 方法

交通シミュレーターSUMOを用いる。地図をSUMOインポートし、そこに現状の信号サイクルを入れる。その間、何パターンか信号サイクルを考案しておく。この際の信号サイクルは、片方の青信号を1秒延ばしたら片方は1秒縮めるという方法にする。それで、最も効果的と思われるシミュレーション結果が出るまでシミュレーションを行う。その際、午後5時台の信号サイクルを想定し、東西南北を各800台、計3200台が通過しきるまでにかかる時間で比較する。

4 結果

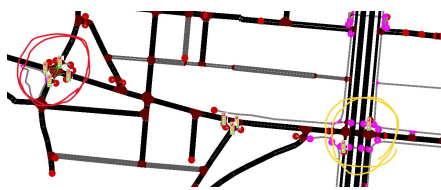


図1 周辺の地図

シミュレーション中に問題となった点が、萱山交差点と水引交差点が東西でつながっているため、東西方向の交通を優遇するほど、良い結果が出てしまうということだ。

dur	state	next name
0	GGGrrrGGrrrG	
1	YYrrrrYYrrr	
2	rrrGGrrGGGr	
3	YYrrrrYYrrr	
4	rrrGGrrGGGr	
5	rrrrrrGGGr	
6	rrrrrrYYrr	
7	rrrrrrGGGr	
8	rrrrrrYyyY	
9	rrrrrrrrrr	
Σ	137.00	Links: 12

図2現状の信号サイクル

図2は現状の信号サイクル。durと書かれているのは、durationのことを指し、この場合は赤青黄のそれぞれの秒数を表している。現状は、南北方向の青信号が37秒で、東西方向の青信号が75秒となっている。そこで、シミュレーションを開始すると、図3に表示されている結果が現れた。ここにある16675.00という数値は、3200台が通過しきるまでにかかった秒数で、およそ4時間30分ほどを表している。

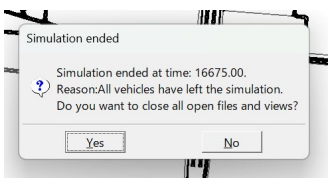


図3現状の信号サイクルでの結果

dur	state	next name
0	42.00 GGGrrrGGrrrG	
1	3.00 YYrrrrYYrrr	
2	8.00 rrrGGrrGGGr	
3	3.00 YYrrrrYYrrr	
4	4.00 rrrGGrrGGGr	
5	70.00 rrrrrrrGGGr	
6	3.00 rrrrrrrYYrr	
7	5.00 rrrrrrrGGGr	
8	3.00 rrrrrrrYyyY	
9	2.00 rrrrrrrrrrr	
Σ	143.00	Links: 12

図4 最も良い結果の出た信号サイクルの表

図4は最も効果的だったシミュレーション結果の信号サイクル。東西方向の青信号は70秒で東西方向の青信号を42秒としている。

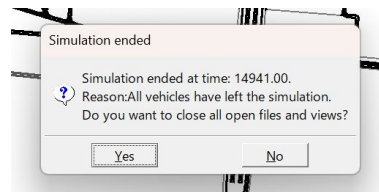


図5 最も値が少なく理想的だったシミュレーション結果

図4のサイクルでのシミュレーション結果が図5。ここに表示されている14941が今回出た結果。現状の16675秒からおよそ30分の時短効果が現れている。

5 考察

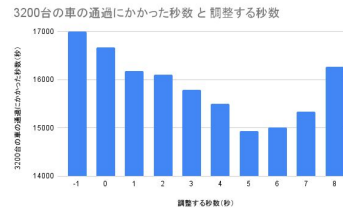


図6 3200台の車の通過にかかった秒数と調整する秒数

図6に表示されているグラフは、調整した秒数とシミュレーション結果の関係のグラフ。この結果から、5秒という調整が、もっとも東西南北での交通のバランスを鑑みた、もっともバランス良い信号サイクルと考えられる。実際に萱山交差点は、東西南北すべての方位で満遍なく車が通行しているため、現状の信号サイクルでは多少のアンバランス感が否めなかった。それが是正できたのが今回の結果に表れていると考えられる。

6 結論

東西方向の青信号5秒短縮
南北方向の青信号5秒延長 → 萱山交差点の渋滞解消

7 今後の展望

今回は、信号サイクル全体の秒数を固定した上で、他の数値を調節したが、今後は全体の秒数の縛りも取り払って、最も効果的なシミュレーション結果を出せるようにしたいと思う。

また、今回うまくシミュレーションできなかったが、範囲を広げ、萱山交差点以外の交差点全体での車の交通渋滞を解消できるようにシミュレーションしてみたい。

8 参考文献

●1 78期β11班ポスター 最終閲覧 2025年12月22日

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/78d_poster.pdf 制作者 78期β11班 ●2 78期β11班

班スライド 最終閲覧 2025年12月22日

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/78d11_slide.pdf 制作者 78期β11班 ●3

sumo wiki 最終閲覧 2025年10月18日

<https://kudzuyu.github.io/SUMO-wiki-ja/>

制作者

Material for MkDocs



01 背景・目的

・天気や気候は人の気分や行動に影響する。
⇒購買意欲にも関係があるのではないかな。

・天気と生徒の購買行動の変化を調査
⇒売れる商品の予測ができるのではないかな。

02 仮説

・天気や気温だけではなく、様々な気象条件が購買行動に影響を与えるのではないかな。

03 方法

・7月から12月の購買のパン、アイスの売上を売店の経営者協力のもと、記録する。
・並行して、気象情報を気象庁から収集する。

04 結果

・アイスの売上は不快指数と正の相関を持ち、パンはほとんどの条件で無関係だとわかった。

※不快指数とは

気温と湿度を組み合わせた『体感の暑さの指標』
不快指数=0.81×最高気温+0.01×平均湿度×(0.99×最高気温-14.3)+46.3(環境省²公式サイトより)

図1 アイスクリーム売上と不快指数の関係

● 不快指数 — 「不快指数」のトレンドライン $R^2 = 0.265$
● 不快指数 — 「不快指数」のトレンドライン $R^2 = 0.265$

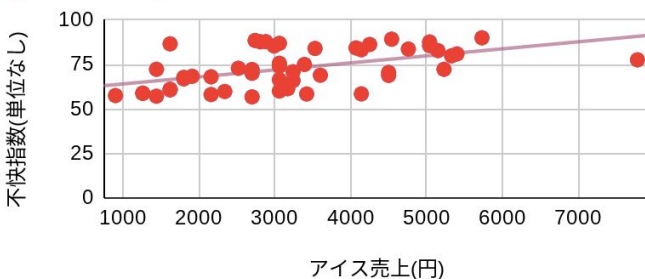


図2 パン売上と平均風速の関係

● 平均風速 — 「平均風速」のトレンドライン $R^2 = 0.007$

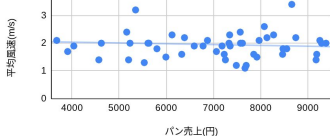
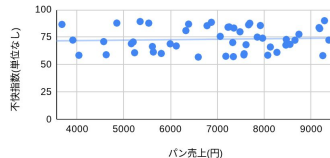


図3 パン売上と不快指数の関係

● 不快指数 — 「不快指数」のトレンドライン $R^2 = 0.004$



05 考察

(アイス) : 不快指数とやや強い相関(0.51)
風速や最大気温差との相関は弱い

⇒湿度なども加味した「体感的な暑さ」が購買意欲に影響してる。

(パン) : 気象条件に左右されない。

⇒パンは天候に関係なく日常的に必要な商品であるから。

06 結論

・アイスの売れ筋は「体感的な暑さ」が大きく影響しており、パンの売れ筋は天候に影響がほぼない。よって、購買で何かを買うときには、不快指数の低いときに買うと良い。

07 展望

・春や梅雨の時期など、計測する期間を伸ばし、季節の変化に伴う不快指数の変化、それと売上を比較し、より正確な分析を行う。

08 参考文献

¹気象庁 あなたの街の防災情報

https://www.jma.go.jp/bosai/#pattern=forecast&area_type=class20s&area_code=1421200

2025年12月21日、2025年12月24日閲覧

²環境省 暑さ指数(WBGT)について学ぼう

https://www.wbgt.env.go.jp/sp/wbgt_lp.php 2025年12月24日閲覧

³TNQL 天気が変わる?! 降水量と売上の関係

<https://info.tnql.jp/blog/2019/01/16/4592/> 2025年12月29日閲覧



1 背景

78期生のヴェリタス「ブーメラン紙飛行機」の研究により飛行物体へ興味を持った。

フリスビーは形状が異なるためどのような結果になるのか疑問に思い研究しようと思った。

2 目的

物体の構造による揚力と空気抵抗など飛行物体の空力特性を明らかにする。

将来的な省エネルギーなドローンやおもちゃ設計のヒントとすること。

3 先行研究

日本機械学会が行った「競技用フライングディスクの空力特性」ではアルティメットの競技用 ディスクは、迎角 11° 付近でL/D比(揚抗比)が最大になり、効率的な飛行をする。ということが明らかにされている。

4 仮説

- I. 迎角が 11° のときに最大飛行距離になる
- II. 迎角が 45° のときに最長飛行時間になる

5 方法

<実験方法>

- ・発射装置の作成
- ・発射装置を用いて迎角 5° ずつ $0^\circ \sim 45^\circ$ まで変化させ、各5回測定
- ・各角度の5回の記録の平均値をその角度の結果とする

<測定方法>

- ・図2のようにxy平面を設定し、リングビーが着地した瞬間をデータとする
- ・最もx軸と離れた点を着地点とし、そのy座標を飛行距離とする
- ・リングビーが発射された瞬間から着地するまでの時間を飛行時間とする
- ・実験の様子を動画に収め、それぞれを有効数字3桁でデータを取る。



図1 発射装置

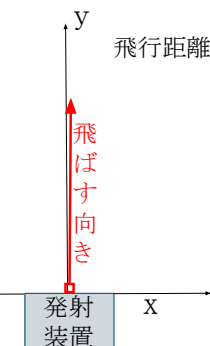


図2 xy平面

6 結果

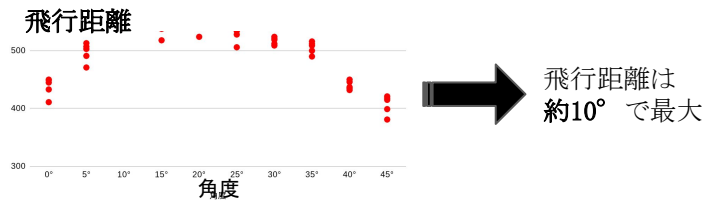


図3 迎角と飛行距離

飛行距離は約 10° で最大

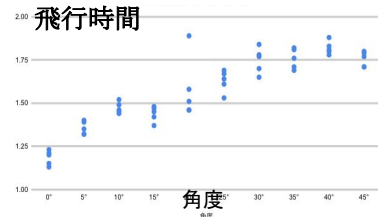


図4 迎角と飛行時間

飛行時間は約 40° で最大

7 考察

迎角 $>10^\circ$ で飛行距離が小さくなる

→ 空気の当たる面積が大きくなり空気抵抗が大きくなったから。

迎角が大きくなると飛行時間が大きくなる

→ 揚力が大きくなり山なり軌道で飛行するから

リングビーの揚力<フリスビーの揚力

リングビーの空気抵抗<フリスビーの空気抵抗

→ L/D比がほぼ同じで最適迎角に近い値になる

8 結論

飛行距離の最適迎角は約 10° 、飛行時間は約 40°

→ リングビーの空力特性はフリスビーとあまり変わらない

9 今後の展望

今回はリングビーに十分な回転をかけることができず、正確性や再現性のある実験とは言えなかった。より良いデータを得るために、より多くの回転をかけることができる装置を作成する必要がある。

10 参考文献

1. 科学学習研究会 2025「身近な自然と科学」https://mjib.kansai-u.ac.jp/physics/physics_011.htm
2. 伊藤健一 加藤孝義 2013「競技用フライングディスクの空力特性」The Japan Society of Mechanical Engineers(日本機械学会)
3. 富山県立高志支援学校「コムコムディスク」<https://www.koshic-hs.jp/~www-content/uploads/2024/01/5869-a3268218a6f6ce69d4f5a891452.pdf> 6月19日閲覧

植物による防虫効果を
高める方法の検討

1 背景・目的

化学的な防虫剤は環境や人間への悪影響を与えるため、自然由来で安全性の高い防虫剤を検討する。

2 仮説

水蒸気蒸留法によって抽出したリモネンが最も高い防虫効果を発揮する

3 方法

使用植物：マリーゴールド、レモン、みかん

〈リモネン抽出〉

水蒸気蒸留法

- ①材料を刻み三角フラスコに入れる
- ②100mlの純水と沸騰石を入れる
- ③ガスバーナーで熱し試験管に出てきた液体を採取する

エバポレーター

- ① 材料を刻みフラスコに入れる
- ②材料1gに対してヘキサン2mlの割合で加える
- ③エバポレーターを稼働しる過する

〈虫を使った実験〉

- ①虫かごにキイロショウジョウバエ を入れラップで蓋をする。
- ②キッチンペーパーに抽出したリモネンを染み込ませ、虫かご内に置く。
- ③ストロー でキイロショウジョウバエを直に吸い上げてキッチンペーパー上に落とす。
- ④キッチンペーパーから完全にいなくなるまでの時間を制限時間 10分内で計測する。
- ⑤粉末をシャーレに置き④と同様に計測する。



図1 エバポレーター



図2 乾燥させたマリーゴールド

4 結果

※マリーゴールドはどの抽出方法においてもハエが離れなかった。

抽出方法/抽出対象	マリーゴールド	レモン	みかん
エバポレーター	死滅	1分30秒	5分01秒
粉末	増加	3分46秒	7分12秒
水蒸気蒸留法	増加	1分12秒	4分44秒

表1 キイロショウジョウバエが対象物から離れるまでの時間(分、秒)

5 考察

・マリーゴールド < みかん < レモン

の順で防虫効果が高まっている。

⇒ マリーゴールド単体だと防虫効果が薄いと考えられる

・エバポレーターの実験でマリーゴールドのリモネンがキイロショウジョウバエを死滅させたのは、ヘキサンが完全に蒸発しきらずに残ってしまったからだと考えられる。

マリーゴールドに防虫効果がなかった原因

→マリーゴールドにもともとあるリモネンがごく少量でハエ に対する防虫効果が現れにくかった

(補足:主にα-ターチニエールがセンチュウを駆除する目的で利用されることが多い)

6 結論

・最も防虫効果を発揮したのは

レモンと水蒸気蒸留法 の組み合わせ

・次に防虫効果が高いのはレモン&エバポレーター、レモン&粉

→マリーゴールド、みかん、レモンの中で**レモン** は最も防虫効果が高い

7 展望

・エバポレーターからのマリーゴールドの抽出液で対象 が死滅してしまった。

⇒抽出液にヘキサンが残らないよう、エバポレーターの稼働時間を伸ばす。

・マリーゴールドの防虫効果を高められなかった。

⇒**花卉の量を増やし、リモネンを効率的に抽出する方法**を検討する。

8 参考文献

1. 国民生活センター 衣類の防虫剤を使用したら体調が悪くなった
https://www.kokusen.go.jp/t_box/data/t_box-faq_qa2015_11.html
2025年7月25日閲覧
2. 横田知美 オレンジ皮からリモネンを取り出す
https://www.istage.ist.go.jp/article/kakvosshi/48/4/48_KI00003521285/pdf
2025年7月25日閲覧
3. 令和5年度厚木高校B組α1班 柑橘類を使用した防虫剤の開発
https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/20240412_b.pdf
2025年6月3日閲覧



01 背景・目的

初期テーマの断念

⇒(植物精油は取れる量が少なく、コストが高いというデメリットがあった。)

先行研究が少ない⇒ **独自性**が高い
比較的簡単

⇒誰でも再現でき、活用しやすい、環境に悪影響のない防虫剤を作る。

02 仮説

植物精油と同様に虫に対する **忌避効果**がある。また、植物の生育や味、香りに影響がある。

03 方法

方法① (植物の成長実験)

【材料】

ミント、タイム、ローズマリー、水、ほうれん草の株

1. 3種類のハーブを蒸留してハーバルウォーターを作る。
2. ほうれん草の株を植えてハーバルウォーターと水を与えて成長過程を観察する。

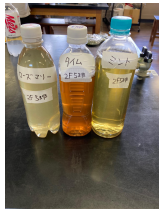


図1

方法② (アブラムシ)

【材料】

ハーバルウォーター、シャーレ、ろ紙、アブラムシ、水

1. シャーレに3種類のハーバルウォーターと水を染み込ませたろ紙を置く。
2. その上にアブラムシを投入して避けるかどうかを観察する。

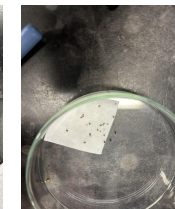
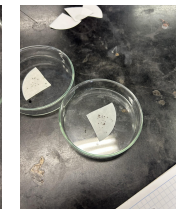
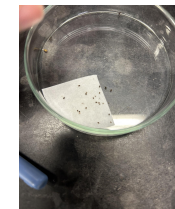
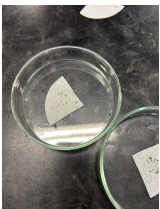


図2

図3

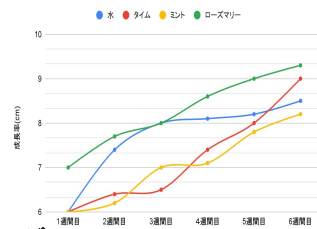
図4

図5

04 結果

結果①(植物の成長実験)

成長率のグラフ



※水のみ

4週間で **虫食い**を発見した。

グラフ1

結果②(忌避効果の実験)

左からローズマリー タイム ミント 水
この実験からは **忌避効果**は確認できず。

05 考察

水とハーバルウォーターそれぞれで栽培したほうれん草には **虫食いの程度**に大きな差が出た。シャーレで行った実験では大きな成果は得られなかった。→ **継続的**に使用すると効果を得られる

06 今後の展望

長期間で栽培する株数を増やす。
効率的なハーバルウォーターの製造方法を調べ、大規模な場合での実用化に近づける。

07 参考文献

アロマスクールAromaTime【最新版】 ハーブウォーターの作り方
方お勧め蒸留器(ハーブウォーターメーカー)ベスト3+α(フローラルウォーター)

<https://aromatime.jp/>

<https://images.app.goo.gl/T6cF8AEYBTdh6UNF6>

<https://images.app.goo.gl/T6cF8AEYBTdh6UNF6>

れんこんのアクを使った抗菌剤の開発

厚木高校 2年F組6班



01 背景・目的

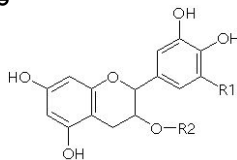
Background・Purpose

近年、**未利用資源の廃棄**が課題となっている

通常は廃棄されるれんこんのアクを利用した自然由来の抗菌剤の開発することを考えた

02 仮説

Hypothesis

れんこんに含まれる抗菌作用のあるタンニン [1]が有効^{1,2,3}

[1]タンニンの構造図

03 実験方法

Experimental Method

アク、純水、80%濃度エタノールを含ませたペーパーディスクをそれぞれ納豆菌を付着させた培地に置き、阻止円の有無を比べる⁴。

1 準備

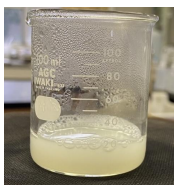
トリプトソーヤ寒天培地 を使い、培地を作る。
マイクロピペットのピン、純水をオートクレーブに、コンラージ棒、ピンセット、ペーパーディスクを乾熱滅菌器に入れ、滅菌する。

2 アクの抽出

皮を剥き、千切りにしたれんこん 250gと純水 100gをジップロックに入れ、5時間置く。

アクのみを取り出し、濾過する。

アクが1/10の量になるまで煮沸し、完成。



[2]アク溶液

3 検証

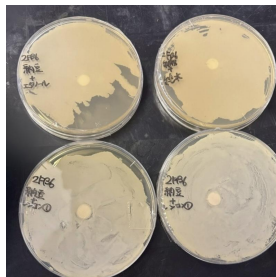
純水に納豆の粘物質を入れ、混ぜたものをピペットで40μl垂らし、コンラージ棒で培地に塗り拡げる。アク、純水、80%濃度エタノールを異なるペーパーディスクに40μl染み込ませ、それぞれ別の培地に置き、インキュベーターに入れて、翌日観察する。

この実験を阻止円が目視されるまで繰り返し行った

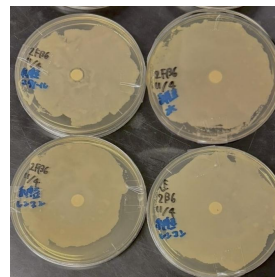
04 結果

Result

実験結果の一部



[3]実験結果1



[4]実験結果2

	結果1	結果2
アク	△	×
純水	×	×
エタノール	△*	○

[5]表1阻止円の有無

*結果1のエタノールの阻止円が見られなかったのは20%で行ってしまったため
結果1のアク溶液に、僅かに阻止円が確認されたが、エタノールほどの大きさではなかった。

05 考察

Consideration

本実験の結果からは、れんこんのアク溶液における明確な抗菌活性を認めるには至らなかった。しかし、これは当該溶液に抗菌作用が存在しないことを断定するものではない。

06 結論

Conclusion

れんこんのアクによる抗菌効果を完全に証明することはできなかった。

07 今後の展望

Future Outlook

- 濃度、抽出温度、対象菌種などの条件の見直し
→納豆菌の繁殖力が強い。抗菌の対象になりにくい
- アク溶液の酸化が起きないようにする
→酸化により変色が起こってしまったため

【参考文献】

1)科学研究費助成事業「農水産物の機能性を強化する加工条件の構築と応用」2025年6月12日閲覧

<https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-26750035/26750035seika.pdf>

2)佐賀県工業技術センター「県産農産物からの有用物質の抽出およびその活用」2025年6月12日閲覧

<https://www.saga-itc.jp/var/rev/0/0005/5208/06nousanbutsu.pdf>

3)駒沢女子短期大学「野菜・果実中のポリフェノール化合物の分別定量と褐変現象について」2025年6月12日閲覧

<https://komaio.repo.nii.ac.jp/record/500/files/KJ00004250994.pdf>

4)神奈川県立厚木高校78期生2年E組5班 2025年6月12日閲覧



01 背景・目的

麺のグルテンフリー化の難航



現在のグルテンフリー麺

- ・すぐに切れてしまう¹
- ・弾力性がない

グルテンを使わずに小麦の食感に近づける

02 仮説

グリアジン
(粘性)



米粉
片栗粉
くず粉

グルテニン
(弾力性)



タピオカ粉²

小麦のグルテンを上のように代用できる

03 方法

麺の作成⁶



官能評価⁸

作成した麺を実際に食べてもらい点数をつけてもらう

粘弾性の測定^{3,5,7}

おもりをつけたひもが食い込む長さ測定



図1 作成した4種類の麺



図2 作成した装置

2つの実験を行い双方の結果から結論を導く⁴

04 結果・考察

① ② ③ ④ ⑤

似ていない ← → 似ている

くず粉

片栗粉

米粉

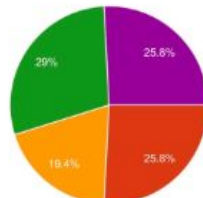
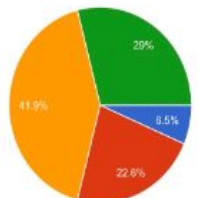
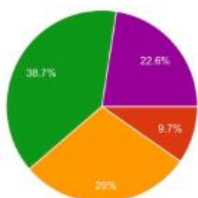


図3 官能評価の結果

官能評価の考察

片栗粉 ⇒ 5がないため他に比べて小麦に食感が近いとは言えない
米粉、くず粉 ⇒ 両方5,4が過半数を超えている

	1回目	2回目	3回目	平均値
小麦粉	1.40mm	1.50mm	1.75mm	1.55mm
くず粉	1.60mm	1.70mm	1.50mm	1.60mm
片栗粉	1.40mm	1.60mm	1.45mm	1.48mm
米粉	断裂(9.79秒)	断裂(9.77秒)	断裂(10.00秒)	断裂(9.85秒)

図4 粘弾性の実験の結果

粘弾性の測定の考察

米粉 ⇒ 10秒経ずに断裂
片栗粉、くず粉 ⇒ 小麦粉の値に近い

05 結論

くず粉が最も小麦粉麺に近い

06 今後の展望

粉類の配合の割合を統一させて作ってしまった
⇒ 配合の割合を変化させる

粉の種類を限定してしまった

⇒ くず粉、片栗粉、米粉以外の粉も使用する

07 参考文献

- 1) 米屋武文. 2013. 米粉麺の開発と今後の展望. <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010882413.pdf> 閲覧2025年6月3日
- 2) 稲津忠雄. 1996. タピオカデンプンの配合による麺の品質改善. 香川県食品試験場. <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010581925.pdf> 閲覧2025年6月3日
- 3) 佐藤幸子. 2014. クリープ試験によるゆで麺の表面から中心部への粘弾性分布測定. <https://www.istage.ist.go.jp/article/nskkk-2-1.pdf> 閲覧2025年12月16日
- 4) 肥後萌. 2014. 通電加熱による特殊加工麺の製造とその調理の測定. <https://oasis.repo.nii.ac.jp/files/kam1818> 閲覧2025年6月19日
- 5) 三木英三, 山野善正. 1991. めんの応用緩和. https://www.istage.ist.go.jp/article/nskk1962/38/4/38_4_323/.pdf 閲覧2025年6月19日
- 6) 日清製粉グループ. 2019. 基本のレシピどう. https://www.nissin.com/entertainment7/komugiko_club/udon/ 閲覧日2025年06月18日
- 7) 同志社女子大学生活科学部. 2005. ビエ・タピオカ・ヤマモミ混合麺の応力-ひずみ特性と評価. https://www.istage.ist.go.jp/article/ihci/57/8/57_8_513/.pdf 閲覧2025年5月30日
- 8) 山口静子. 2012. 官能評価とは何か. そのあるべき姿. https://www.istage.ist.go.jp/article/kaekutosalut5u/50/7/50_518/.pdf 閲覧2025年6月17日

最適バスルートの検討とその一般化



01 背景・目的



高齢者の免許返納には、車がなくても生活できる環境づくりが必要
 ▶ より良い新たな**バスルートの最適経路**を研究

02 仮説

信号の周期が揃っているルートの方が所要時間がより短くなる
 交通量と所要時間には**相関関係**がある

03 方法

- ① 緑が丘から湘南厚木病院までのルートで信号数と距離が等しいルートを2つ選出する。
- ② 信号周期などを調査しsumo上で現況再現をする
- ③ 2つのルートを走る車を生成する
- ④ 交通量倍率を設定しシミュレーションを行う

04 結果

主な信号の周期は100秒または110秒であり同じ通りの道路上では周期が統一されているということが分かった。
 また、撮影した動画からそれぞれの信号間で信号が切り替わるタイミングにズレが確認された。

交通倍率	Aのルート 所要時間 (秒)	Bのルート 所要時間 (秒)
1.0	319	277
1.5	378	282
2.0	400	284
2.5	550	383
3.0	— (測定不可)	382

図1.シミュレーションの結果

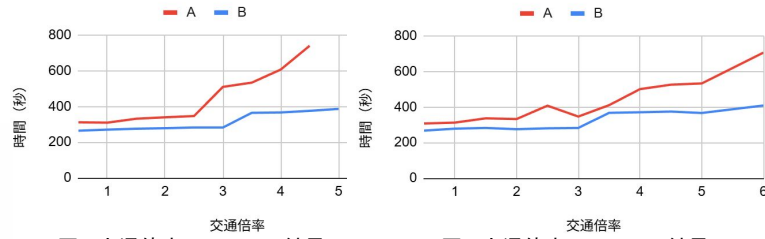


図2.交通倍率A:B=2:1の結果

図3.交通倍率A:B=1:1の結果

ルートA:信号周期が揃っているルート
 ルートB:信号周期が揃っていないルート

05 考察・結論

信号周期と所要時間の関係を明らかにできなかった要因として、交通量や走行距離などの条件の不一致が考えられる。また、信号周期の影響は一定距離以上連続して走行した場合に顕著に現れると考えられる。
 交通量倍率の増加に伴って所要時間が**階段状に増加**していることから、交通量がある一定の値を超えたときに信号で停まる回数が増加し所要時間が増加したと考えられる

06 今後の展望

考察より本研究で予想していた結果を得られなかった原因として、シミュレーション開始時点での信号周期の固定などの条件の不統一性などが挙げられた。今後の研究としては信号の周期の統一性と所要時間との関係を明らかにするためにそれ以外の条件をそろえた道路を作成し、シミュレーションを行っていきたい

07 参考文献

厚木警察署 令和7年度交通事故 発生状況
<https://www.city.atsugi.kanagawa.jp/material/files/group/32/R7ziko9m.pdf>
 道路ラボ
<https://roadlabo.com/2025/09/07/random/>
 SUMO documentation
<https://sumo.dlr.de/docs/index.html>