

ゲーム理論で社会問題を考える

5年C組 馬場 彩衣

5年B組 大山 寛生

指導教員 川口 慎二

1. 要約

探究活動を始めるにあたり、私たちは「囚人のジレンマ」という話題に興味をもった。これを適用することにより人の動きを予測・制御し、社会問題であるゴミのポイ捨てや飲酒運転をなくせるのではないかと考えた。しかし、調べていくうちに囚人のジレンマのみでは解決できないと考え、背景にある「ゲーム理論」に注目することにした。今回は、疑似的に学校内での行動を想定したアンケート調査を実施して仮説を検証したい。

キーワード ゲーム理論、囚人のジレンマ、ポイ捨て、社会問題

2. 研究の背景と目的

私たちは数学で何か社会問題を解決できないかと考え、「ゲーム理論」を利用し解決策を考案することにした。

3. 研究内容

ゲーム理論はプレイヤー同士の意思決定を数学的に決める理論であり、ゴミのポイ捨てもまた人の意思決定により行われている事象であるという点で関連している。よって、私たちはゲーム理論を用いることによりポイ捨てを抑制する案を作れるのではないかと考えた。

そこで、ゲーム理論について調べて、その中で今回考えることにした煙草のポイ捨てという社会問題を抑制する方法を考案する際に関連が強いと思われるものを探していくことにした。その後、試作した案に含まれる不確定要素を明確にするため、学校内でアンケートを取り、対象者がどういった行動をするかを確かめていく。

3-1 ゲーム理論の基本

ここでは、ゲーム理論のごく基本的な内容を[3]に基づいて説明する。

ゲーム理論は、個人の行動を基礎とする**非協力ゲーム**と、複数が提携することで得る利益を基礎とする**協力ゲーム**に分けられる。また、ゲーム理論は**合理的な個人**の相互依存性を研究や調査の対象としており、意思決定を行う主体である「**プレイヤー**」、プレイヤーが選択可能な行動である「**戦略**」、戦略の選択により生じる結果を各プレイヤーの好みなどにに基づき数値化したものの組である「**利得**」の3要素から成り立っている。

あるプレイヤーのある戦略が、他のプレイヤーのすべての戦略のどれよりも高い利得を与えるとき、その戦略を「**支配戦略**」という。すべてのプレイヤーに支配戦略が存在するとき、その支配戦略の組み合わせを「**支配戦略均衡**」という。有名な「囚人のジレンマ」における支配戦略均衡は「ともに自

白しない」である。

また、他のプレイヤーの戦略に対して、自分の利得を最大にする戦略を「最適反応戦略」という。そして、すべてのプレイヤーの戦略が最適反応戦略であるような戦略の組のことを「ナッシュ均衡」という。これは、どのプレイヤーもその戦略の組から自分だけ戦略をどのように変えても、自分の利得が高くなることはないことを意味している。

今回は、マクミランにより提唱されたモデルである「合理的な豚」の考え方をを用いて抑制案を作成する。

3-2 「合理的な豚」について

これは、「子豚」と「大豚」が「餌」を取るための行動をモデル化したものである。

いま、「子豚」と「大豚」の前に「餌」が置いてある。しかし、「餌」には鍵がかけられた箱に入っており、解除するには少し離れた場所にあるボタンを押さなければいけない。

条件は以下のとおりである。

- ・「餌」は合計5つである。
- ・「大豚」は「子豚」が1つ食べている間に2つ食べることができる。
- ・「大豚」は「子豚」より「餌」1つを食べる分だけ速く走ることができ、「子豚」がボタンに向かって、帰ってくるまでに5つ分を食べることができる。
- ・「子豚」は「大豚」がボタンに向かって、帰ってくるまでに2つ分を食べることができる。
- ・「ボタンを押しに行き帰ってくる労力」はどちらも0.5とする
- ・1つの餌を「子豚」と「大豚」の二頭で分けて食べることはなく、両者同時に食べ

終わった際に一つだけ余っていたら子豚が食べるとする。

このとき、考えられる行動は全部で4パターンある。

3-2-1 「子豚」と「大豚」ともに走る場合

この場合は、「大豚」の方が速く走るため、「子豚」より多くの「餌」を食べることができる。また、両方とも走ってボタンを押しに行っている。よって、この場合の利益は「大豚」が2.5、「子豚」が1.5となる。

3-2-2 「子豚」のみが走る場合

これは、「子豚」がボタンを押し、帰ってくるまでに「大豚」は「餌」をすべて食べることが出来る。よって、利益は「大豚」が5、「子豚」はボタンを押しに行ったため-0.5となる。

3-2-3 「大豚」のみが走る場合

この場合は、「大豚」がボタンを押し帰ってくるまでに「子豚」は「餌」を2つ食べることができる。よって「大豚」はボタンを押しに行っているため1.5、「子豚」は3である。

3-2-4 「子豚」と「大豚」ともに走らない場合

この場合は、鍵が開かないため餌を食べられない。よって、両者の利益は0となる。

以上の内容を表1にまとめる。

表1 「大豚」と「子豚」の利得表

大豚の利得 ／子豚の利得		子豚	
		走る	走らない
大豚	走る	2.5／1.5	1.5／3
	走らない	5／-0.5	0／0

この場合、「子豚」は「大豚」がどちらの行動を取ったとしても『走らない』を選択したほうが利益は高くなるため、『走らない』を選択する。一方、「大豚」は「子豚」が走らないため「餌」を得るには走らざるを得なくなる。

よって、この場合のナッシュ均衡は
(大豚, 子豚) = (走る, 走らない)

3-2 煙草のポイ捨てとの関連

前節にあった通り、「合理的な豚」は「子豚」、「大豚」、「餌」、「ボタンを押しに行き帰ってくるまでの労力」の4つの要素で構成されている。私たちはこの4つの要素を、

「子豚」→「非喫煙者」

「大豚」→「喫煙者」

「ボタンを押しに行き帰ってくるまでの労力」

→「吸殻を路上で捨てるのではなく、ゴミ箱まで持ち運ぶ労力」

とみなすことにした。

しかし、「餌」に相当するものを、何かに結び付けて考えることができなかった。理由としては、喫煙者が欲しているものは煙草、ライターもしくはマッチなど煙草に火をつけるもの、喫煙場所などとたくさん

あり、どれが「餌」として最適なのが私たちには判断することができなかったからである。

また、「餌」は「大豚」に利益を得るための行動をさせるためのものであり、「餌」を食べたいという欲望が「ボタンを押しに行き帰ってくるまでの労力」を上回った結果、決して動かない「子豚」に代わり「大豚」が自らボタンを押しに向かうのである。ということであれば、「餌」の代わりに「罰」を与えたとした場合でも、その「負の感情を回避したい」という欲求が「ボタンを押しに行き帰ってくるまでの労力」を上回るのではないかと考えた。そして、その「罰」をとして「罰金を課す」と想定した。

4. 実験内容

3-2節にて決定できなかった要素である「餌」を設定するため、そして煙草のポイ捨てにおける「罰」として設定した「罰金を課す」にどれほどの効果があるかを確かめるため、学校内で想定できる内容のアンケート調査を行った。

4-1 アンケート内容

アンケートの状況設定を以下のようにした。

あなたは、食堂にて昼食にテイクアウト丼を購入した。3階の教室で食べるための帰路についている途中、箸を購入することを忘れたことに気がついた。マイ箸は持っていないとする。

この状況のもので、

- ・箸の値段が0円あるいは10円するとき、それぞれ買いに戻るか否か。
- ・戻るとすれば、どの場所まで戻るか。選択肢は「食堂内」、「食堂外～総合教育棟内」、「総合教育棟外～教室外」、「教室内」とする。

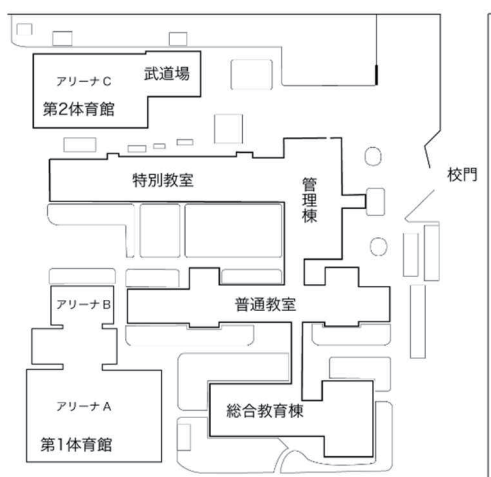


図1 校内地図

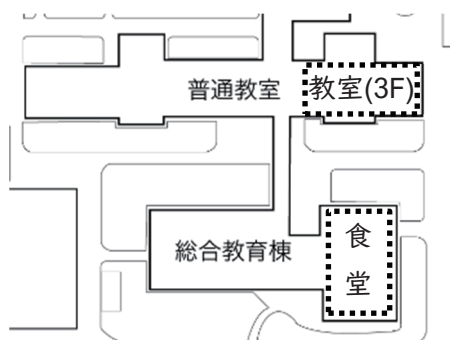


図2 食堂から教室まで(拡大)

- ・何故そのような行動を取るのか
- ・箸を買いに戻る労力 (10段階評価)
- ・箸の価値 (10段階評価)

について、生徒を対象に質問し、5年生116名にアンケートを依頼して96件の回答を得た(回答率82.8%)。

4-2 合理的な豚との関連性

この場合、

「子豚」→「その他の人」

「大豚」→「買い忘れた本人」

「餌」→「箸」

「罰」→「箸を使わずに食べる」

「ボタンを押しに行き帰ってくるまでの労力」→「箸を買いに戻る労力」

と見ることができる。

4-3 煙草のポイ捨てとの関連性

この場合、

「非喫煙者」→「その他の人」

「喫煙者」→「買い忘れた本人」

「煙草」→「箸」

「灰皿に捨てに行く労力」

→「箸を買いに戻る労力」

「罰則金」→「箸を使わずに食べる」

と見ることができる。

箸の値段と距離を変えることで餌と労力の条件を変え、違いを見ようとした。

5. 仮説

以下の4つの仮説を立てた。

[仮説1] 0円のとくに比べて、10円のはきは「買いに戻る」を選択する人の数が減少する。

[仮説2] 教室まで買いに戻ると選択した人は箸の価値を高く見る傾向がある。

[仮説3] 食堂からの距離が遠くなれば遠くなるほど、箸を買いに戻る人数は減っていく。

[仮説4] 「箸を買いに戻らない」と選択した人は「箸を買いに戻る労力」を高く見る傾向にある。

6. アンケート結果

実際のアンケート結果を分析する。

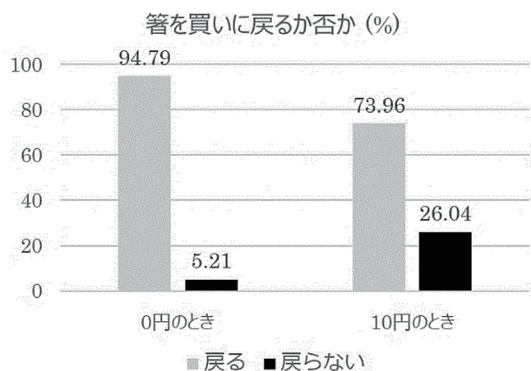


図1 箸を買いに戻るか否か

図1は、箸を買いに戻るかどうかを聞き、集計したものを表すグラフである。これによれば、箸が0円ときは91人が、箸が10円ときは71人が「箸を買いに戻る」と答えた。10円の時、0円の時と比べ戻る人が約21%減少したことから、[仮説1]は確認されたことがわかる。

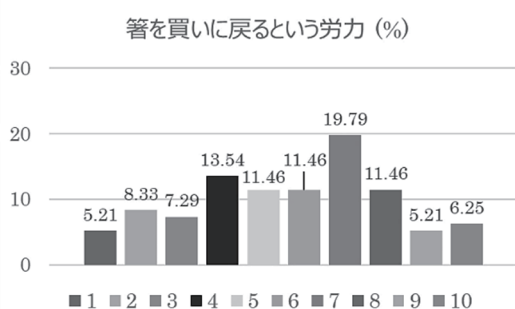


図2 箸を買いに戻るといふ努力

図2のグラフは、「箸を買いに戻るといふ努力」を10段階評価で答えてもらったものを集計したものである。

0円の時、10円の時「戻らない」と選択した人の理由は

- ・面倒だから

- ・いないから

と、箸を買いに戻ることに対して抵抗を覚えていることがわかる。実際、0円ときに「戻らない」と選択した人は「箸を買い戻るといふ努力」を5~9と答えており、高く見ているといえる。

一方、10円の時のみ「戻らない」と選択した人の理由としては

- ・人に貰う
- ・料金が発生するから
- ・別の方法を考えるから

と、0円ときに「戻らない」と選択した人と比べ努力についての記述が見られなかった。実際人数も広くばらけており、「箸を買いに戻るといふ努力」を高く見ているとはいえない。

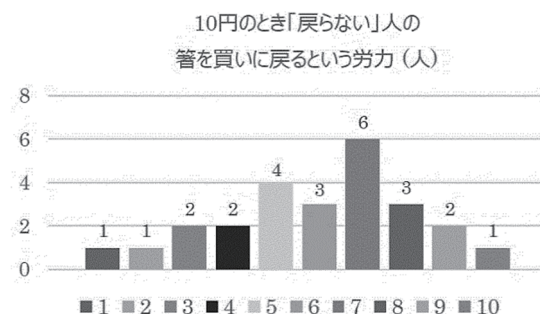


図3 10円の時のみ戻らない人の結果

よって、[仮説4]は0円の時のみ確認できる。

次に、図4は、箸の価値を集計したグラフであり、全体と教室内まで戻るといふ人のみ取り上げたものを比較している。また、表2は全体のデータと教室内まで戻るといふ人のみのデータそれぞれの平均値、最大値、最小値、中央値、分散、標準偏差、第一四分位数、第三四分位数を計算し比較したものである。

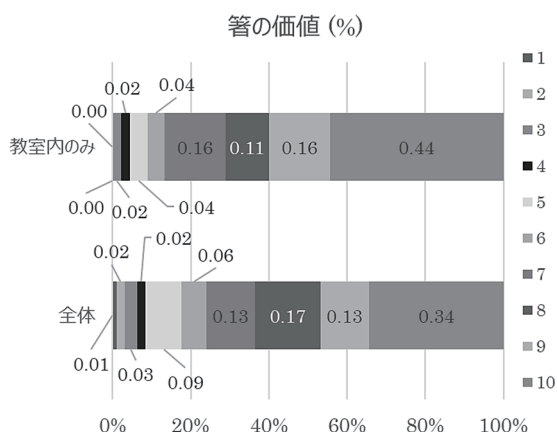


図4 箸の価値

表2 統計値で比較する

	全体	教室内のみ
平均値	7.84	8.43
最大値	10	10
最小値	1	3
中央値	8	9
分散	5.12	3.36
標準偏差	2.26	1.83
第一四分位数	7	7
第三四分位数	10	10

これにより、箸の価値を10としている人が35~45%いることがわかる。また、教室内まで戻ると答えた人のみ取り上げると、平均値と中央値が全体と比べ高く、分散が全体と比べ低いことから、箸の価値をより重く見ていることがわかる。よって、[仮説2]は正しいと判断した。

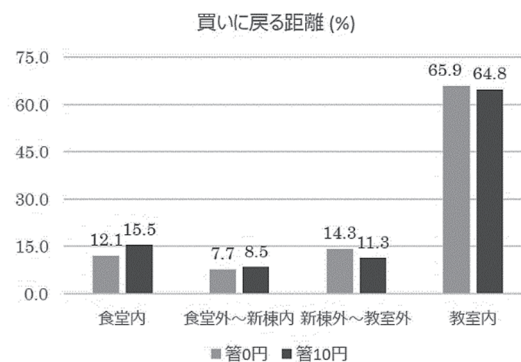


図5 買いに戻る距離と人数の関係

図5は箸が0円のとときと10円のとときに箸を買いに戻ると選択した人がどこまでなら戻るのがを示したものである。

これを見ると、0円と10円の両方の場合において、ほとんど回答の割合が変わらないことがわかる。よって、[仮説3]は正しくないことがわかる。

7. 考察

アンケートより、0円または10円のとときに両方教室内まで戻ると選択した人は箸の価値を高く評価していたことから、物の価値が高ければ高いほど人はそれを手に入れるのにかかる労力を惜しまないと考えられる。したがって、もし「餌」を使うことにより喫煙者の煙草のポイ捨てを抑制するとすれば、喫煙者が是が非でも欲しているものを使えばいいと推測される。そして私たちは、それは喫煙が合法的にできる場所(喫煙所)ではないかと考えた。

理由としては、近年、改正健康増進法により喫煙所がどんどん閉鎖されていることにより、喫煙者は煙草を吸いたくても吸えない状況に追い込まれていることが挙げられる。やむを得ず路上喫煙、そして吸い殻をその場で捨てるという行動をしているので

あれば、喫煙場所を確保できるという「餌」は喫煙者を路上喫煙及び煙草のポイ捨てをしないよう行動させる有効打となると考えられる。

次に、箸がないとテイクアウト丼が食べられないのにも関わらず、箸に料金が発生した場合 20 人の人が買いに戻らないと選択したことから、「無料である」ということも人の行動を変える大きな理由であることがわかる。ならば、喫煙者が欲しているものを「無料」とするという方法も先述の問題を抑制するうえで有効であると考えられる。

さらに、図4と表2を見ると、全体の中で明らかに箸の価値を高く見ている人が多くいることがわかる。そのため、[仮説3]が成り立たなかった理由として、どれだけ遠かったとしても箸が必要と考えた結果、選択肢の中で遠い部類に入る新館外～教室内であったとしても戻ると選択した人が一定数出たと考えられる。実際、選択肢の中では近いと考えられる食堂内～新館内では食堂内までなら戻ると選択した人が多くなっている。

「罰」を与えるという点で見ると、僅かながらも有料となった場合、人は別の方法を編み出そうとすることがわかる。このことから、「罰」を与えられると人は抜け道を探そうとするといえる。例を挙げると、路上喫煙をしている場面を発見されたときに「罰金を課す」とするならば、他人には見つかからない場所で路上喫煙をすることになると予想される。以上のことより、もし「罰」を課すことで煙草のポイ捨てを防ぐとすれば、その「罰」を逃れるための抜け道を我々の想定している範疇に収められることができればよいと考えられる。

現在私たちが考えている案としては以下の通りである。「罰」は上記のものを採用するものとする。次に、喫煙者が露見しないであろうと推測して路上喫煙および煙草のポイ捨てをする可能性のある場所（細い道や人通りの少ない場所）を洗い出す。そして、その箇所に誰かが飲みかけてそのまま放置したような空き缶を設置する。すると喫煙者は、表立ったポイ捨てを隠すため、その空き缶に吸い殻を入れると考えられる。そうすれば、空き缶を回収するという手間により、道路に直接捨てられた吸い殻を回収するという手間を回避することができるわけである。

8. 改善点

今回は「箸」という食事において必要性が高いものを対象として設定したが、スプーンに代えたり、そもそも丼ではなく購買にて販売されているスープなどの箸の必要性が低くなるものに代えたりした同様のアンケートを取り、どう変化するかを調査すれば、「餌」の必要性の程度をどのくらいにすればどれだけの人動くのかも確かめられたのではないかと考えた。

9. 参考文献

- [1] 「ゲーム理論「合理的な豚」のご紹介」, <https://kibashiri.hatenablog.com/entry/20150528/1432800226?adlt=strict&toWww=1&redig=3AA955D417AE43E5985FA07B7281D7E7>
- [2] 「相次ぐ喫煙所の封鎖…路上喫煙など、喫煙者のモラル低下を防ぐには？ 分煙・空気清浄機のクリーンエア」

<https://www.qlenair.jp/guide/smoking/2621/>

- [3] 渡辺隆裕, 「ゼミナール ゲーム理論入門」, 日本経済新聞出版(2008)

10. 謝辞

今回の探究活動にあたり多大なご指導をしてくださりました顧問の川口先生、アドバイスをくれた「基盤探究Ⅱ」の同じ川口講座のみなさん、アンケートに参加してくださった5年のみなさん、昨年度の発表会にてアドバイスをくださった皆様には深く感謝いたします。ありがとうございました。