

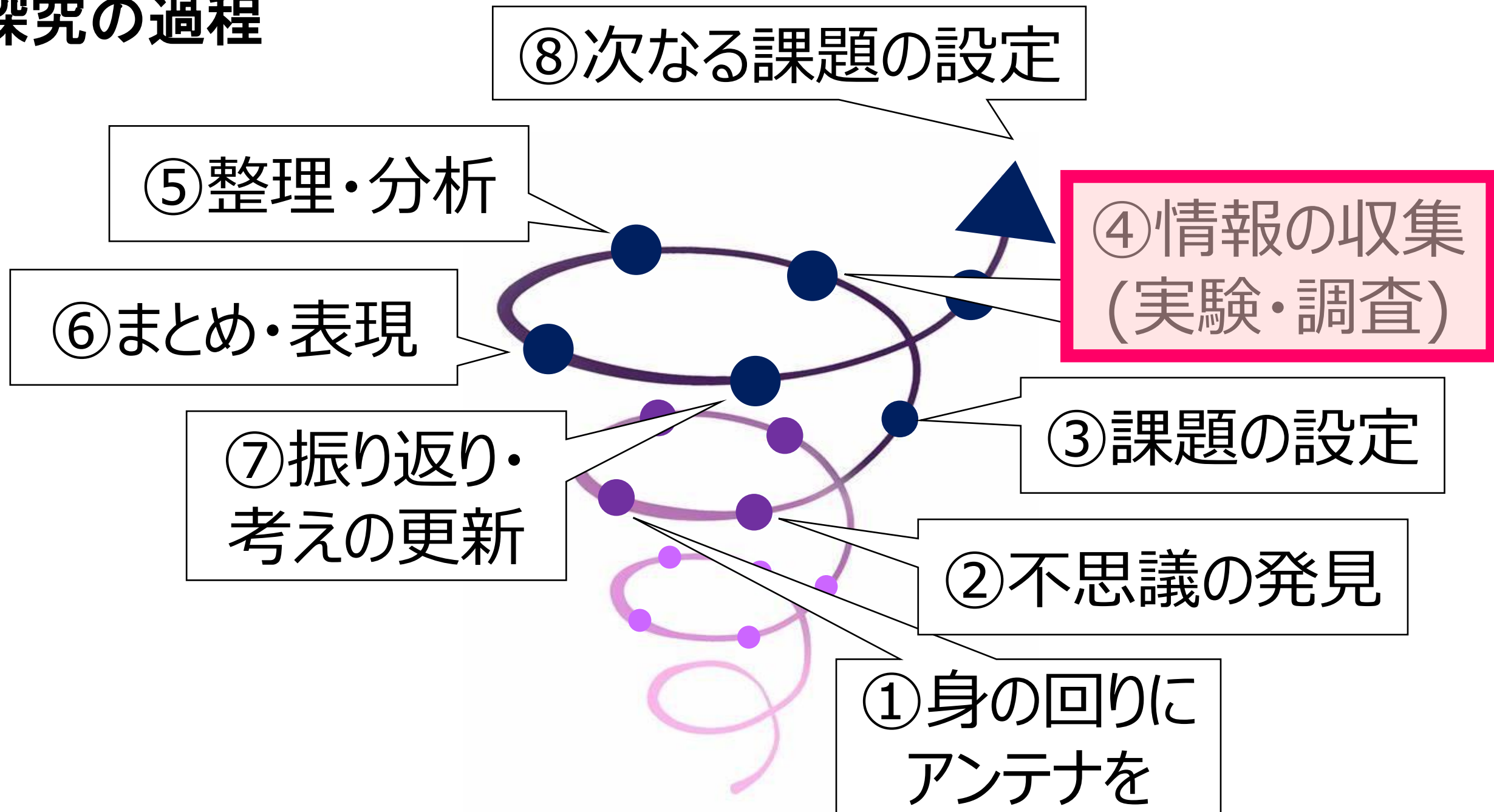
科学的アプローチをデザインする②

中学生の
課題研究から学ぶ

科学的アプローチ：仮説の設定



探究の過程



科学的アプローチ：研究デザイン

変数について variables

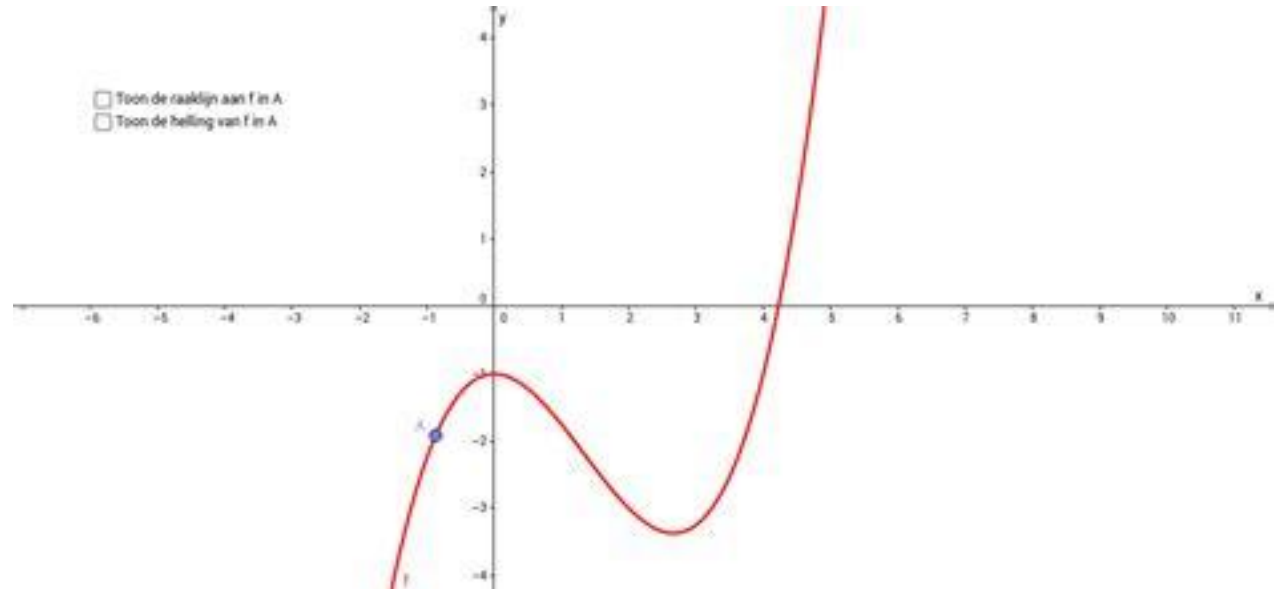
独立変数：研究者によって変える値

Independent variable

従属変数：実験をするまで、研究者がわからない値

dependent variable

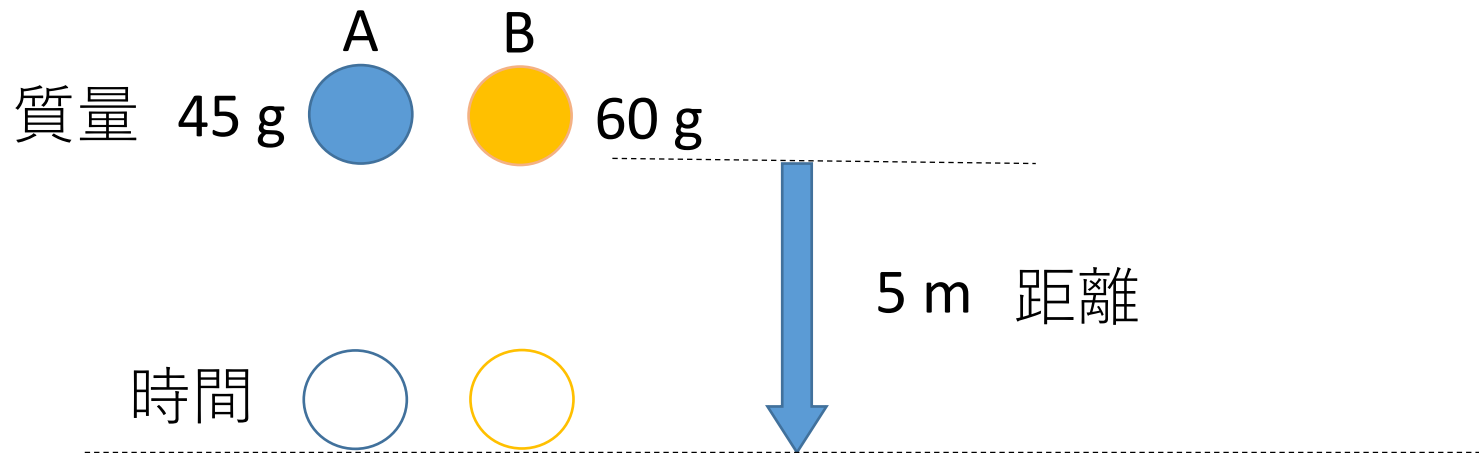
$$y = f(x)$$



科学的アプローチ：研究デザイン

変数について variables

仮説：重たい物体は、軽い物体より早く落ちる



科学的アプローチ：研究デザイン

変数について variables

仮説：重たい物体は、軽い物体より早く落ちる

独立変数

質量 45 g



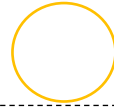
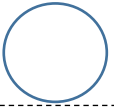
A



B

60 g

時間



従属変数

5 m 距離



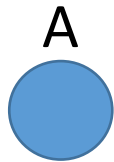
科学的アプローチ：研究デザイン

変数について variables

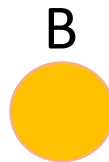
仮説：重たい物体は、軽い物体より早く落ちる

独立変数

質量 45 g



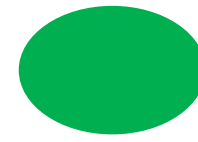
A



B

60 g

影響要因：
大きさ、形



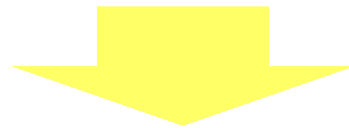
5 m 距離

時間



従属変数

結果の解釈



Case Study 1

バスケットボールのシュートの研究 ～どうしてネットはひっくり返るのか～

- バスケットボールを題材にした漫画を読んだ。面白かったが、不思議なシーンがあった。ボールがゴールに入った瞬間、ネットがひっくり返って（跳ね上がって）いるのだ。なぜそうした現象が起きるのか。興味がわいたので、追究することにした。

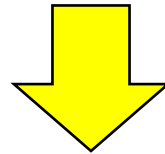


目的

- バスケットのゴールネットはなぜひっくり返るのか、そのメカニズムを解明し、漫画に描かれていたシュートを再現する。

戦略（ネットがひっくり返る要因）

- ボールがリングに入る位置、速さ、角度
- ボールとネットとの間の摩擦力
- ボールの大きさ、重さ
- ネットの網目の形状、大きさ



再現実験

Yes or No

仮説、結果、解釈

仮説3：ボールがゴールに入るときに角度に原因があるのではないか？

《方法と結果》

資料 それぞれのシュートの軌道とその角度
(webページ掲載の実験写真を使用)

《解釈》

ネットがひっくり返るシュートは、ゴールにボールが入る瞬間の角度に大きな要因がある。また、ボールの速度が大きいほど、ひっくり返る確率が高い。

仮説、結果、解釈

《追求》

ボールがゴールに入り、ネットがひっくり返る瞬間を観察する。

資料 ネットの上がる順番
(webページ掲載の実験写真を使用)

《観察結果》

ボールが通り抜けるときに、ネットの奥側がこすれて下に引っ張られる。手前側のネットが持ち上がる。その勢いで奥側のネットも持ち上がり、ネットがひっくり返る。

ここまでの結論

- 一定範囲の角度（ 60° ～ 70° ）
と一定以上の速度（距離が1m以上）でリングを通り抜けると、
ネットがひっくり返る。

仮説、結果、解釈

仮説 6 : ボールが重いほど、ネットはひっくり返りやすいのではないか？

《方法と結果》

同じ大きさで、異なる重さのボールでシュートを打つ。
バスケットボールとほぼ同じ大きさのビーチボール（重さ**60g**）、筋トレ用ボール（**3kg**）で試した。ビーチボールでは、まったくネットがひっくり返らなかった。筋トレ用ボールでは、**100%**の確率でネットがひっくり返った。ネットが跳ね上がる勢いもこれまでで一番で、低い位置から落としてもネットがひっくり返った。

《解釈》

「運動する物体のエネルギーは質量に比例する」。ということは、シュートされた**3kg**の筋トレ用ボールはバスケットボール（**470g**）の約**6倍**のエネルギーをもつことになる。筋トレ用ボールでは、ネットを引っ張る力がバスケットボールの約**6倍**になったと考えられる。

ボールの質量が大きいほど、ネットはひっくり返りやすくなる。

仮説、結果、解釈

仮説7：ネットの網目をなくすことで、ネットがひっくり返りやすくなるのではないかな？

《方法と結果》

網目のないネットを作り、シュートを打つ。
ネットを切り開いて型紙をとり、布を縫い合わせて「布ネット」を作った。リングに取り付けてボールをシュートしたが、布ネットは少しも持ち上がる様子がなく、1度もひっくり返らなかった。重さに関係するのかもと計量したが、布ネットは72g、普通のネットは69gと、ほとんど変わらなかった。

資料 布ネットを作ってみる
(webページ掲載の実験写真を使用)

仮説、結果、解釈

仮説7：ネットの網目をなくすことで、ネットがひっくり返りやすくなるのではないかな？

《解釈》

ネットのひっくり返りやすさには、網目状であることが関係している。網目状の素材として園芸用の緑のネットを購入し、ゴールネットを作った。シュートを打ってみると、まったくひっくり返らず、持ち上がりもなかった。「緑ネット」は普通のネットよりも網目が小さい。網目の形状も普通のネットはいずれも地面方向に伸びたひし形をしているが、緑ネットの網目は正方形や平行四辺形などと、ばらばらだ。

仮説、結果、解釈

資料 大きさをそろえる
(webページ掲載の実験写真
を使用)

仮説8：緑ネットの網目を大きくすることで、
ネットがひっくり返るのではないか？

《方法と結果》

緑ネットの網目を切って、1個ずつの網目が、普通のネットの網目
とほぼ同じ大きさになるようにした。シュートを打ったが、まったく
成功しなかった。持ち上がる気配もなかった。

⇒次に網目の形状がひし形をした緑ネットを作ろうとしたが、どうし
てもできなかった。そこでインターネットで、バスケットボールの
ゴールの編み方を調べ、毛糸でネットを作った。自作のネットは多少、
網目のひし形がいびつだったが、シュートを打ってみると、普通の
ネットと同じようにひっくり返った。

《解釈》

大きさは関係ないようだが、編目の形に関係がありそうだ。

仮説、結果、解釈

仮説 1 0 : ひし形の網目の形状が、ネットがひっくり返る要因ではないか？

《方法と結果》

自作ネットの網目の形状を変えて、シュートを打つ。

普通のネットの網目と同じ大きさで、網目の形状が正方形のネットを自作し試したが、1度もネットはひっくり返らなかった。

《解釈》

ネットの網目がひし形であることが、ネットがひっくり返る大きな要因だ。網目の形状がひし形、正方形のネットでシュートを見比べたら、発見があった。ネットにボールがこすれた瞬間、ひし形の手前側のネットにはたるみがあるが、正方形のネットでは手前側のネットも一緒にボールに引き寄せられていたのだ。

仮説、結果、解釈

追求：網目がひし形、正方形のネットをそれぞれ手で引っ張り、ボールが入った瞬間を再現する。

《方法と結果》

どちらのネットも斜め下に引っ張ると、網目が閉じてネットが伸びたが、伸びる位置が違った。ひし形での伸びはネットの中心を通っているが、正方形の方はネットの下端を通っている。ひし形では伸びたネットの下側に“たるみ”も確認された。この違いから、網目がひし形のネットだけが、シュートが入ったときにひっくり返る仕組みが分かった。

資料 数字の順番にネットが
持ち上がる
(webページ掲載の実験写真
を使用)

仮説、結果、解釈

追求：網目がひし形、正方形のネットをそれぞれ手で引っ張り、ボールが入った瞬間を再現する。

《解釈》

網目がひし形：ネットにボールがこすれると、①斜め下にネットが引っ張られて、②横向きに移動する。それに伴い③下側の“たるみ”が上向きに運動し、さらに④伸びていたネットも連動して持ち上がり、ネットがひっくり返る。

網目が正方形：ネットにボールがこすれると、ネットは斜め下に引っ張られるが、横向きの力がネット下端を軸にかかっているので“たるみ”はできず、上向きの運動も発生しない。ネットは元の形に戻るだけで、ひっくり返らない。

資料 数字の順番にネットが
持ち上がる
(webページ掲載の実験写真
を使用)

ここまでの結論

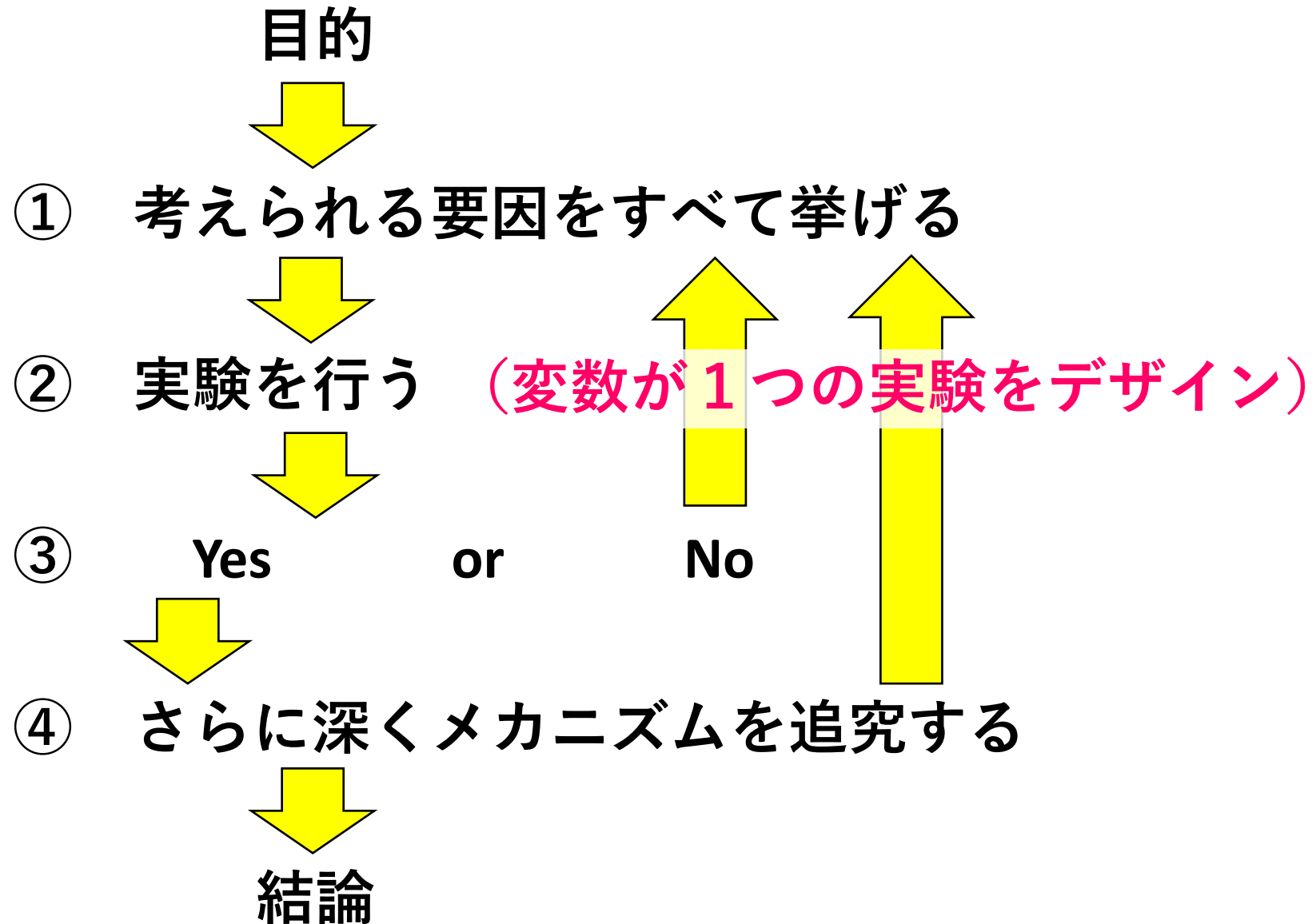
- 一定範囲の角度（ 60° ～ 70° ）と一定以上の速度（距離が1m以上）でリングを通り抜けると、ネットがひっくり返る。
- ひっくり返る現象には、ネットの形状に大きな要因がある。

審査員のコメント

ボールが一定範囲の角度と一定以上の速度でゴールリングを通り抜けると、漫画に描かれたようにリングに付いているネットが上方にひっくり返るという現象が起こることを手際の良いやり方で確認し、さらにどうしてそうなるのかをボールの大きさや重さ、ネットの材質や編み目の形状を変えるなどして検討してネットがひっくり返るしくみに迫っている。研究の過程で漫画のコマに描かれた擬音にまで注目しつつ分析を行っているのは、実物の映像を分析するスポーツ科学の現場を想起させられ面白く感じるとともに、この漫画が事実を正確に描写していることにも感心させられた。

研究の動機、実験方法、実験結果とその分析による次の実験の設定といった研究の過程が明快で、論文としてのまとめ方も申し分のない秀逸な作品である。

科学的アプローチ：研究デザイン



Case Study 2

38℃の日は暑いのに38℃の風呂に入ると熱くないのはなぜか

- 今年も暑い夏でした。最高気温が名古屋でも39.3℃などという話題の出た年でした。
- そんなある日のことです。あまりにも暑くて汗が出たので、シャワーを浴びました。汗も流れてさっぱりしましたが、ふと気になったことがあります。「今浴びているシャワーの温度は38℃。熱いどころかすごく気持ちいい。今日の最高気温は35℃だったのにすごく暑かった。もし気温が38℃になったらもっともっと暑いはず。同じ38℃が自分の体の周りにあるのに、どうして気温の場合には暑くて、シャワーは気持ちいいの？」ということです。



Case Study 2

38℃の日は暑いのに38℃の風呂に入ると熱くないのはなぜか

- 気温はからだ全部が38℃の空気の中に入っていますが、シャワーは38℃の水滴があたっているので、ちょっと違います。すぐに風呂を38℃に設定してわかって入ってみました。すると熱く感じません。なぜ、気温の38℃は暑いのに、風呂の38℃は熱く感じないのでしょう。すごく不思議です。
- そこで、「気温38℃の日は暑いのに、38℃の風呂に入ると熱くないのはなぜか」ということを、研究することにした。

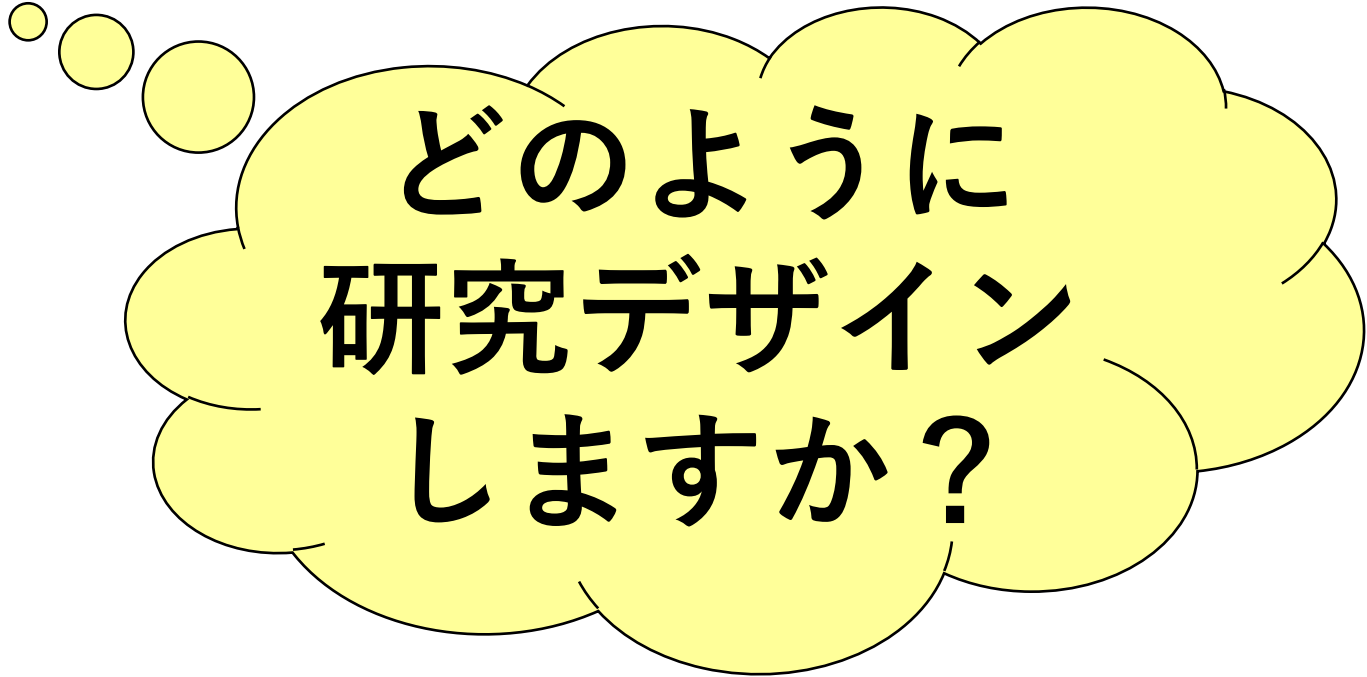


Case Study 2

38°Cの日は暑いのに38°Cの風呂に入ると熱くないのはなぜか

目的

38°Cの日は暑いのに38°Cの風呂に入ると熱くないのはなぜかを知りたい。



どのように
研究デザイン
しますか？

Case Study 2

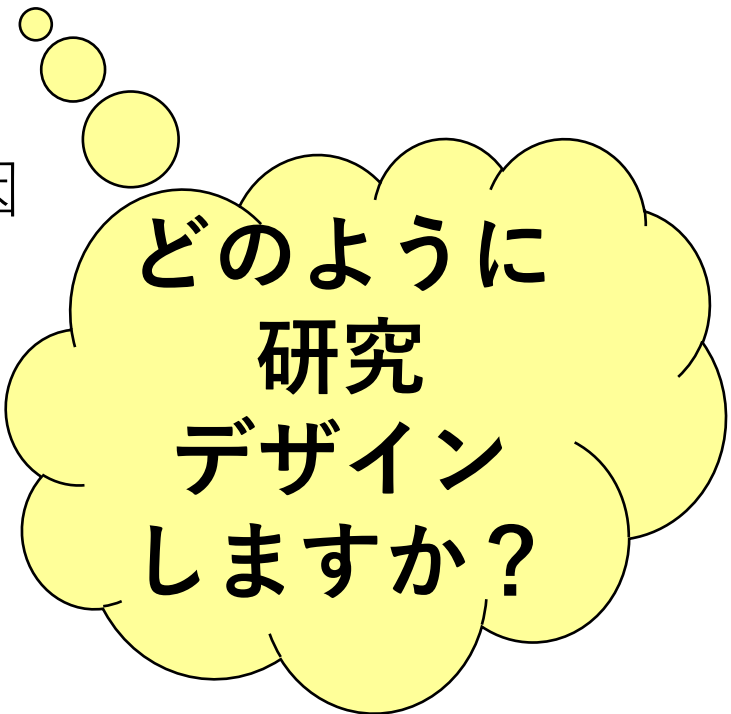
38°Cの日は暑いのに38°Cの風呂に入ると熱くないのはなぜか

先行研究

- ①水の比熱と熱伝導度は空気よりも大きいことが、その原因だと書かれていた。
- ②「熱い」を感じるのは全身の皮膚にあるのだが、「暑い」を感じるのは、首より上にある。

予備実験

- ①風呂には服を脱いで入るけれども、外の場合は着ている。
⇒×
- ②風呂は入っている時間は3分から10分くらいだが、外にいる時間は、何時間もその温度の中に入っている。
⇒×



どのように
研究
デザイン
しますか？

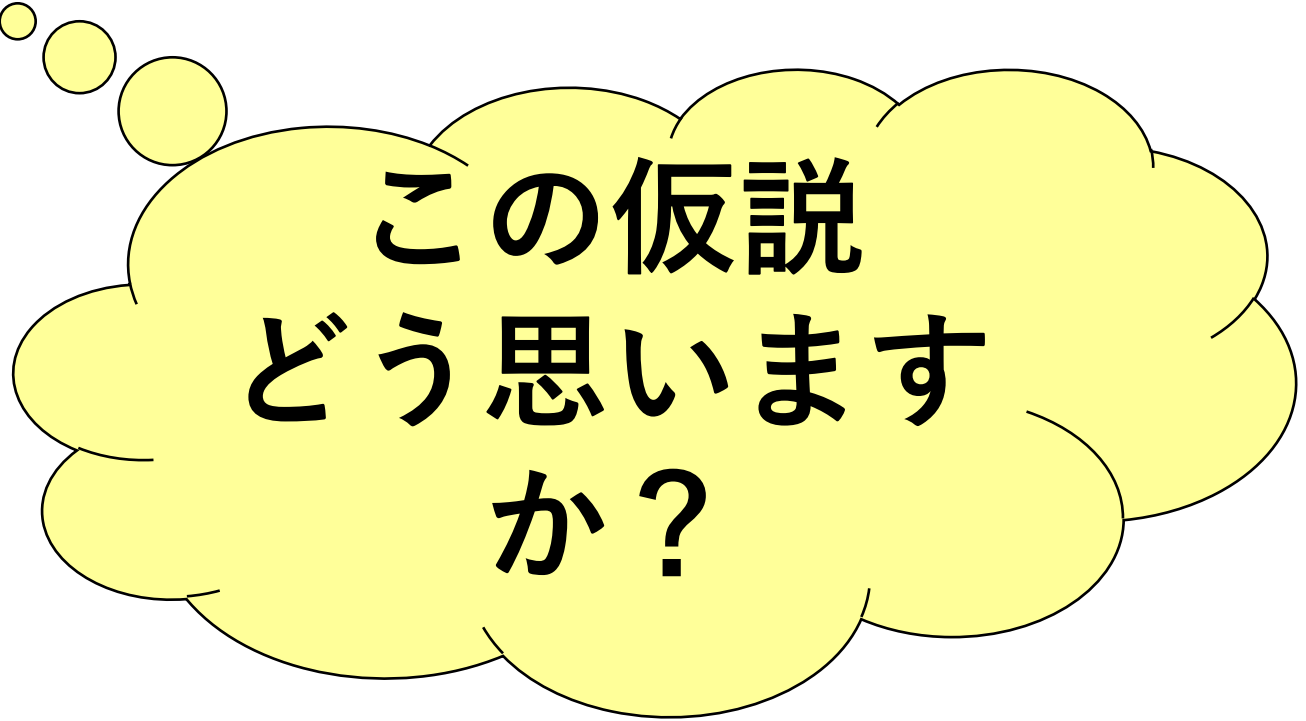
Case Study 1

仮説、結果、解釈

仮説1：水の方が空気より熱伝導度が大きいので、体から水へ熱が沢山移動するので、お風呂の方が熱く感じない。

《方法と結果》

《解釈》



この仮説
どう思います
か？

仮説、結果、解釈

仮説1：水の方が空気より熱伝導度が大きいので、体から水へ熱が沢山移動するので、お風呂の方が熱く感じない。

《方法と結果》
不要

《解釈》
熱伝導度で説明すると、体温が $36\sim 37^{\circ}\text{C}$ とすれば、 38°C のお湯からは、空気の 38°C より多くの熱が体に伝わってることになり、 38°C の気温より、 38°C の風呂の方が熱く感じられることになる。よって、この仮説は、間違っている。

仮説、結果、解釈

仮説2：「熱い」を感じるのは全身の皮膚にあるのだが、「暑い」を感じるのは、首より上にある。

（風呂では、頭が38°Cのお湯から出ているが、外にいる場合は、全身が38°Cの中に入っている）

《方法1》

ダイビングに使うシュノーケルを使って全身を38°Cのお湯の中に入れてみると、熱く感じるか。

《結果》

6人全員が「ぬるい」と答えた。

資料
(webページ掲載の実験写真
を使用)

仮説、結果、解釈

仮説2：「熱い」を感じるのは全身の皮膚にあるのだが、「暑い」を感じるのは、首より上にある。

（風呂では、頭が38°Cのお湯から出ているが、外にいる場合は、全身が38°Cの中に入っている）

《方法2》

首から上に暑さを感じるセンサーがあるとすれば、首から上を38°Cにしてやれば暑く感じる。

《結果》

6人全員が暑いと感じなかった。

《解釈》

仮説は、間違っている。

資料
(webページ掲載の実験
写真を使用)

仮説、結果、解釈

仮説3：熱さ(暑さ)を感じるのは、深部温と皮膚温の温度差が大きいときである。

⇒同じ38°Cでも、空気中の方の皮膚温が、お湯に入ったときの皮膚温より低くなることを示せば良い。

《方法 1 と結果》

38°Cの風呂に入ったときの皮膚温・体温(舌下)・深部温(耳の中)の測定をした。

《解釈》

深部温はほとんど変化せず、皮膚温は入ってすぐに38°C近くになった。これは、風呂に入った瞬間は、深部温と皮膚温との差が大きいために温かく感じるが、やがて皮膚温が上がると深部温との差が小さくなるのでぬるく感じてくると言える。

資料
(webページ掲載の実験写真を使用)

深部温
皮膚温

仮説、結果、解釈

仮説3：熱さ(暑さ)を感じるのは、深部温と皮膚温の温度差が大きいときである。

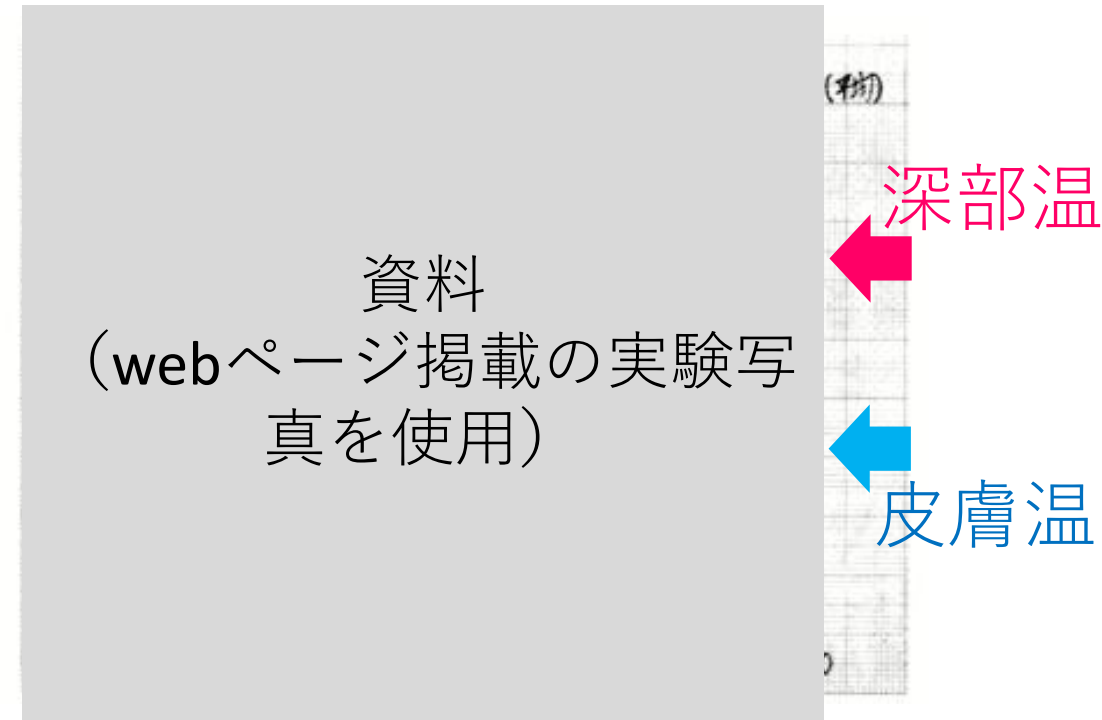
⇒同じ38°Cでも、空気中の方の皮膚温が、お湯に入ったときの皮膚温より低くなることを示せば良い。

《方法2と結果》

次に気温38°Cの部屋に入ったときのそれぞれの変化を調べることにした。

《解釈》

38°Cの部屋へ入ったときは、38°Cの風呂に入ったときより、皮膚温は低くなり、それにより深部温との差が大きくなり、暑く感じると説明できます。



やったー！！！！

仮説、結果、解釈

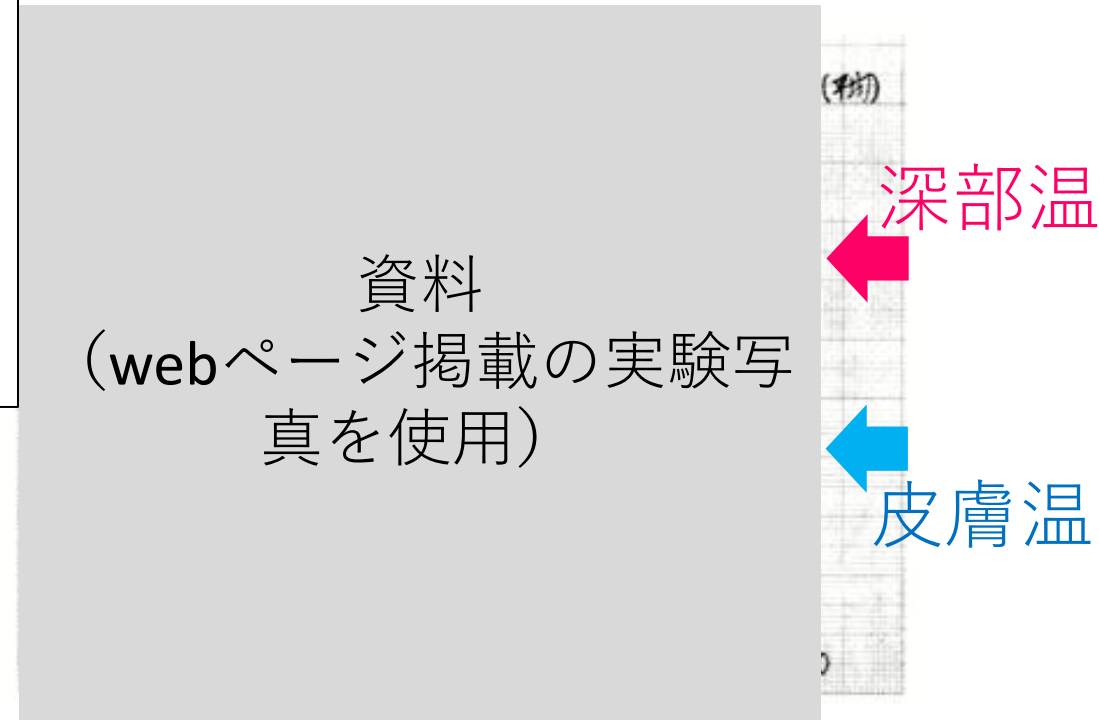
仮説3：熱さ(暑さ)を感じるのは、深部温と皮膚温の温度差が大きいときである。

ところが部員の一人が「深部温と皮膚温の差が暑さを感じる原因だとすると、深部温はほとんど変わらないのだから、冬には、気温が下がって皮膚温も下がるはず。そのため深部温と皮膚温との差が大きくなって、寒いはずの冬にものすごく暑く感じるようになってしまっているのではないか。」

《解釈》

38℃の部屋へ入ったときは、38℃の風呂に入ったときより、皮膚温は低くなり、それにより深部温との差が大きくなり、暑く感じると説明できます。

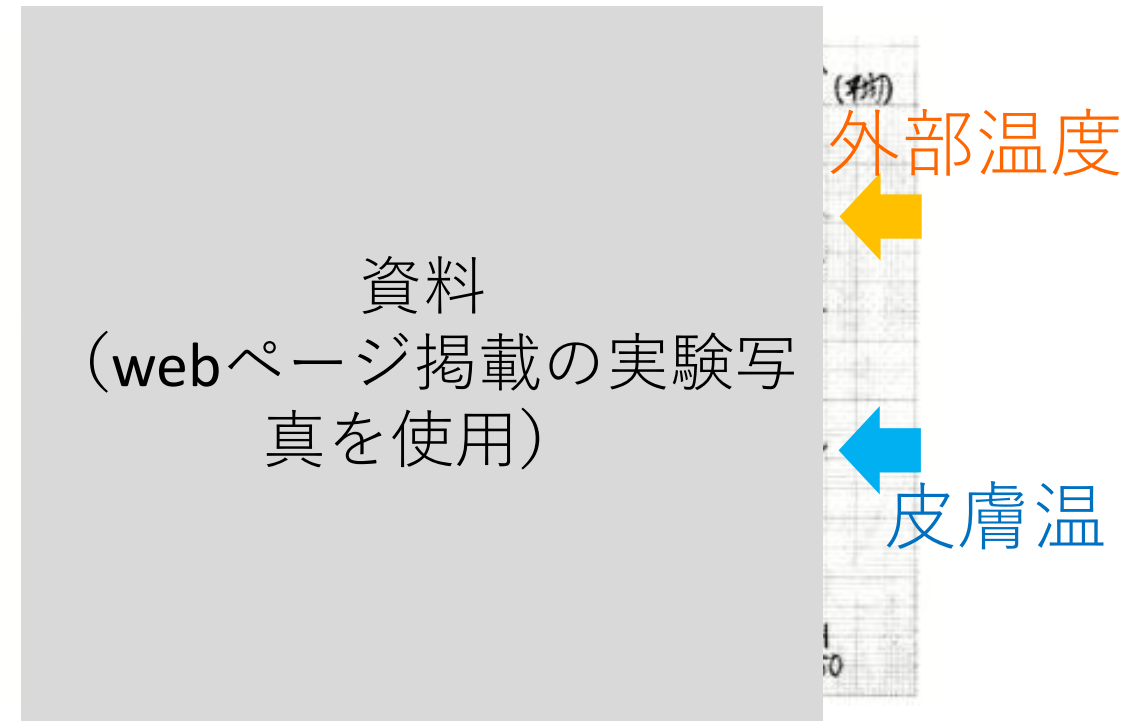
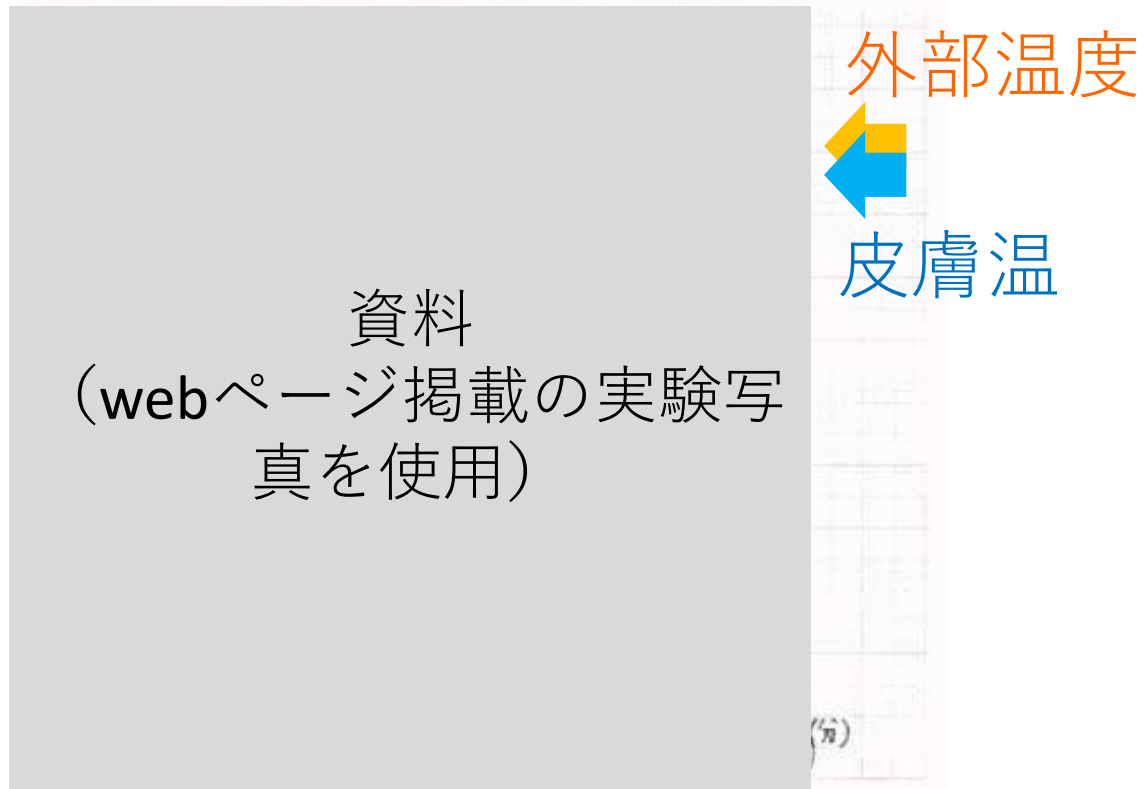
お湯に入ったときの皮膚温



仮説は間違っている

Case Study 1

仮説、結果、解釈



⇒ 仮説4：外部の温度と、皮膚温との差が大きいほど熱さ(暑さ)を感じる

Case Study 1

仮説、結果、解釈

仮説4：外部の温度と、皮膚温との差が大きいほど熱さ(暑さ)を感じる

外部温度



資料
(webページ掲載の実験
写真を使用)

皮膚温

資料
(webページ掲載の実験写真を使用)

皮膚温

外部温度

Case Study 2

結論

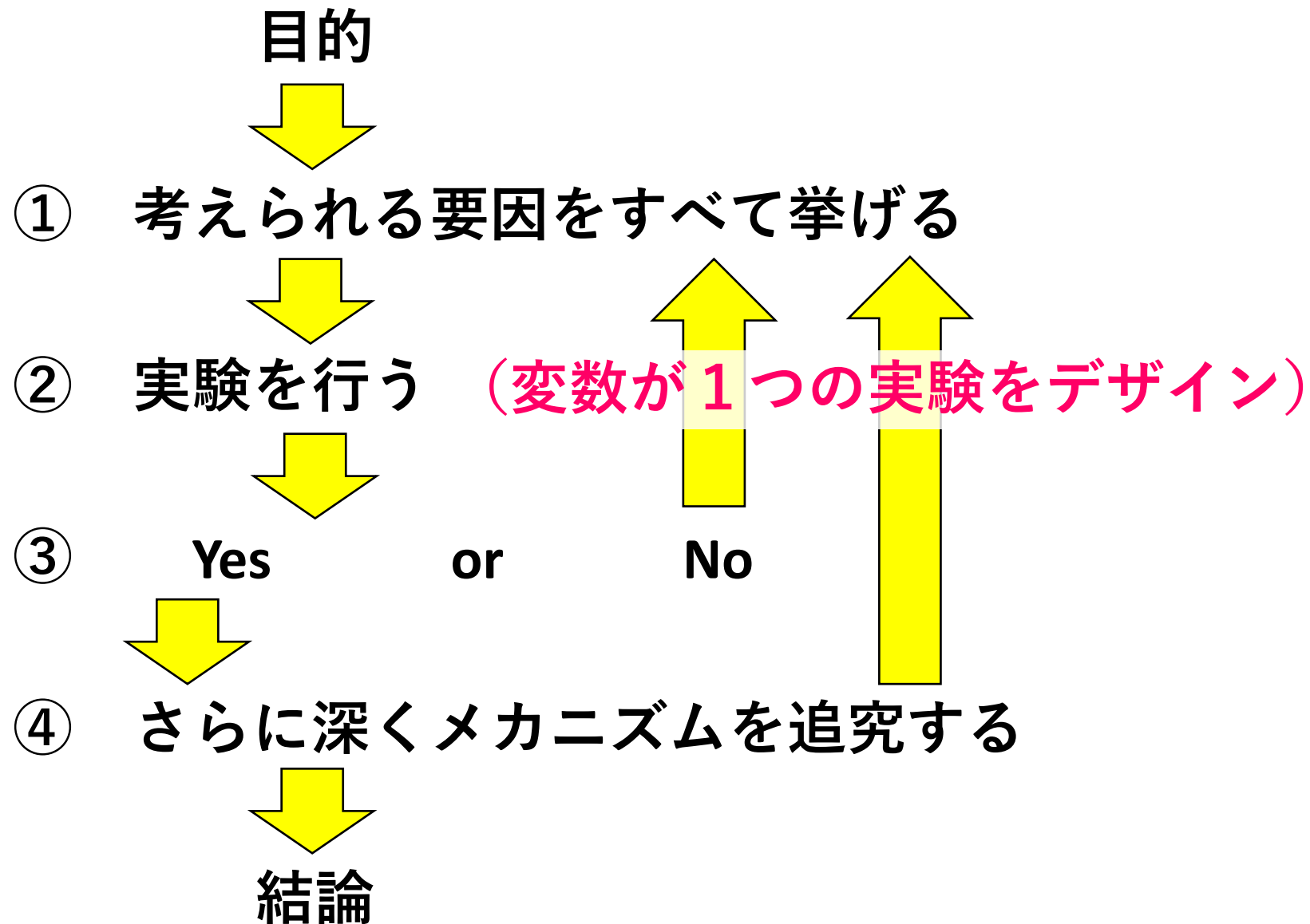
- 皮膚温と外部の温度の差で暑さ・寒さを感じるため、 38°C の日は暑いのに 38°C の風呂に入ると熱く感じない。
- 気温 38°C のときは発汗により気化熱が奪われるため、皮膚の温度が下がっていく。その結果、外部の気温と皮膚温の差が大きくなり、暑く感じてしまう。
- 38°C の風呂に入ったときは、湯の熱伝導率が高いことや、水中では発汗による皮膚温低下がないことにより、すぐに皮膚温は 38°C になる。これにより、皮膚温と外部の湯温との差がなくなり、熱さを感じなくなる。

審査員のコメント

科学部の皆さん、最高の賞を手にして喜んでいることでしょう。この受賞は、皆さんの研究の進め方が従来からある多くの科学研究とちょっと違っていたことも一つの要因です。科学研究のテーマについては、どの学校の生徒さんも悩むことが多いようです。身近な問題でうっかりすると見逃してしまうようなものは注目されやすい、皆さんのテーマは、これにピッタリでした。

今後このようなスタイルの科学研究も増えてくるかも知れません。これからも一層の努力をされて、力量を伸ばして下さい。

科学的アプローチ：研究デザイン



科学的アプローチ：研究デザイン

