

重回帰分析 2

「交差項」

拓殖大学

浅野正彦 Ph.D.

1

理論

「人間の容姿は遺伝する」

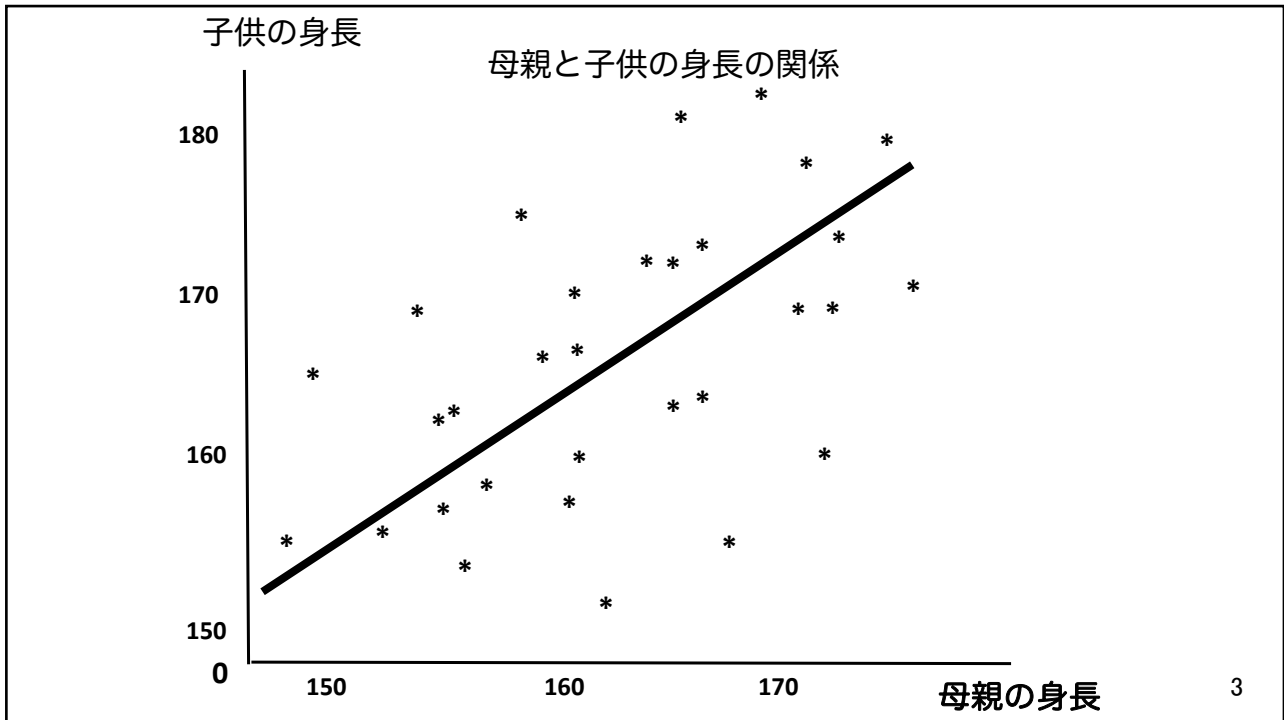


仮説 2

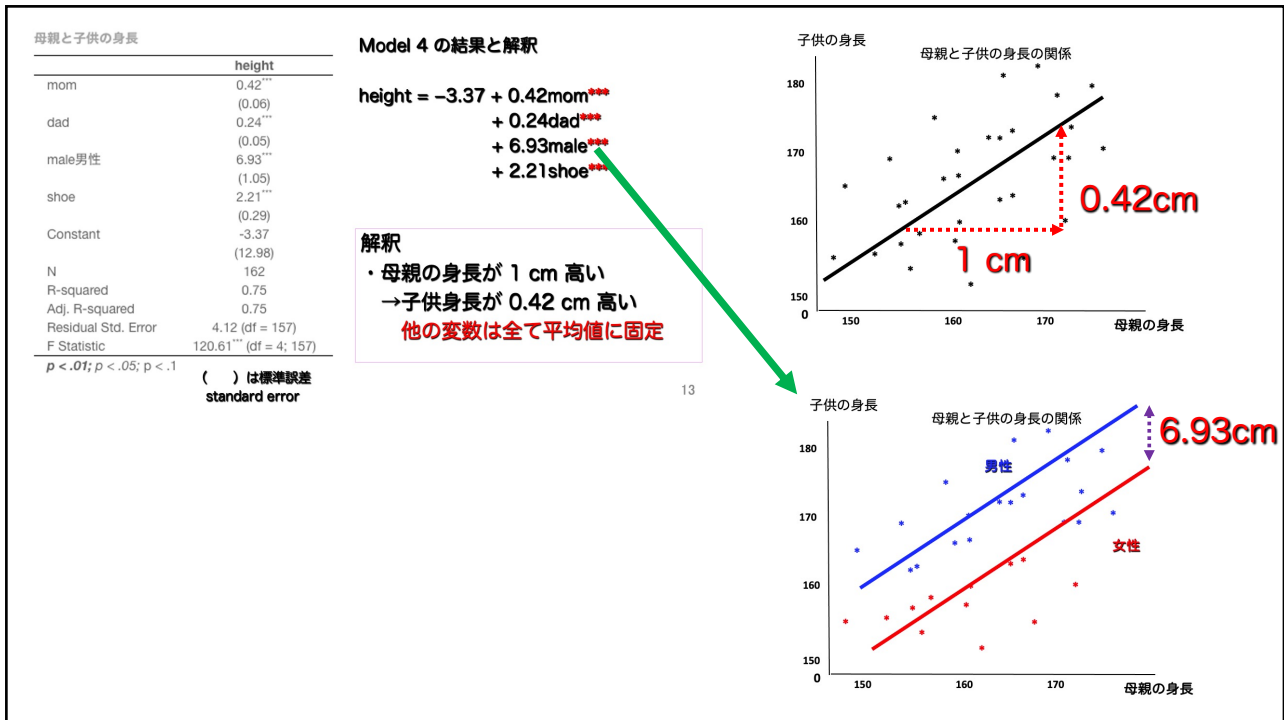
「母親の身長は娘より息子の身長に
より大きな影響を与えている」

2

2



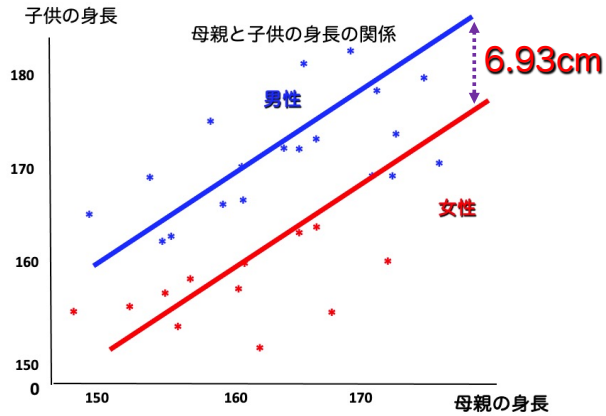
3



4

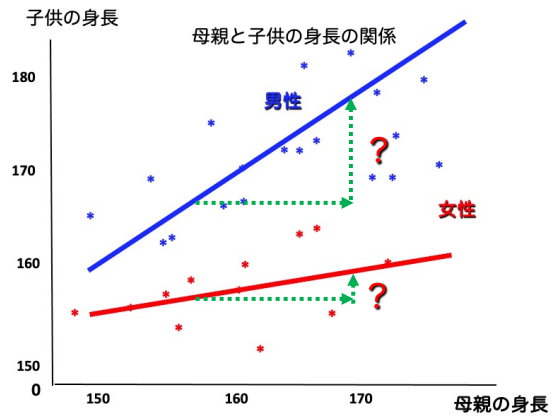
ダミー変数で分かること

男性と女性の身長差



交差項で分かること

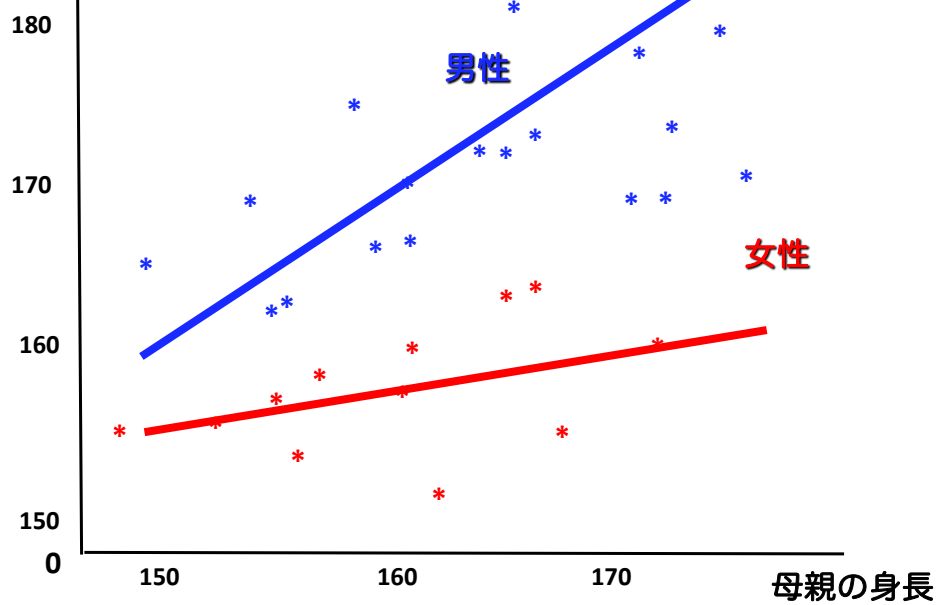
母親の身長が子供の身長に与える「影響力の差」
この「影響力」=傾き=限界効果



5

子供の身長

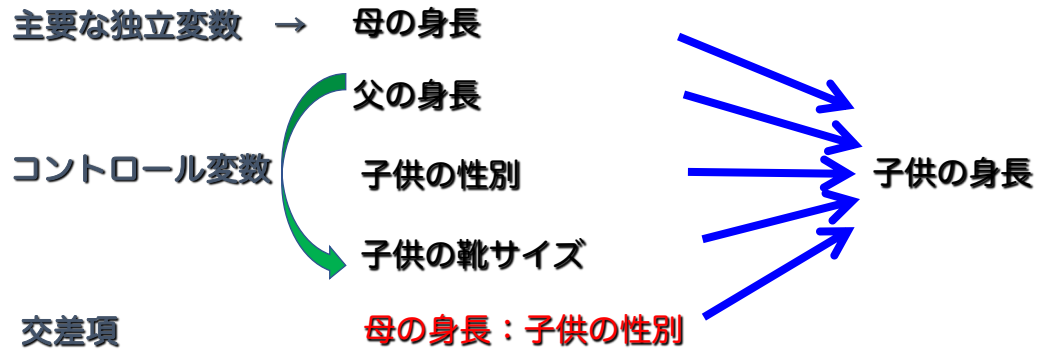
母親と子供の身長の関係



6

6

重回帰分析



$$\begin{aligned} \text{子供の身長} = & \alpha_0 + \alpha_1 \text{母の身長} + \alpha_2 \text{父の身長} + \alpha_3 \text{子供の性別} \\ & + \alpha_4 \text{子供の靴サイズ} + \alpha_5 \text{母の身長：子供の性別} \end{aligned}$$

7

I. 親の身長で子供の身長を予測する

- ここでは2021年4月に実施した世論調査（対象：早稲田大学と拓殖大学の学生 172人）を使って分析を行う
- データの内容は次のとおり

変数名	内容	望ましいデータの型
Q0	所属大学	文字型 (chr)
Q1	所属学部	文字型 (chr)
Q4	学生の性別 (男・女)	文字型 (chr)
Q2	学生の学年	文字型 (chr)
Q3_1	学生の身長 (cm)	数値型 (num)
Q3_2	学生の父親の身長 (cm)	数値型 (num)
Q3_3	学生の母親の身長 (cm)	数値型 (num)
Q5_1	学生の靴の大きさ (cm)	数値型 (num)

8

8

- 確かめたいこと：リサーチ・クエスチョン

子供の性別によって、母親の身長が子供の身長に与える影響は異なるのか？

- このリサーチ・クエスチョンにおいて、次の 5 つの問いにこたえる
 - Q1: この検定における帰無仮説を書きなさい
 - Q2: この検定における対立仮説を書きなさい
 - Q3: コントロール変数として入れるべき変数は何か？
 - Q4: 単回帰分析と重回帰分析の結果の違いを解釈する
 - Q5: 重回帰分析の結果を可視化する

9

9

II. データの準備

- 学生170人のデータ
 - [height2021.csv](#) をダウンロード
- 文字列をファクタに変換せずにデータを読み込み、`df` という名前を付ける

```
df <- read_csv("data/height2021.csv",  
               na = ".")
```

→ RProject folder 内の `data` フォルダに入れる

- `data` フォルダ内から `read_csv` で読み取り `df` というデータフレーム名をつける
 - オリジナルデータ読み込み

```
dim(df)
```

```
[1] 169  13
```

10

10

- 変数名を確認

```
names(df)
```

```
[1] "Q0" "Q1" "Q4" "Q2" "Q3_1" "Q3_2" "Q3_3" "Q5_1" "Q6_1" "Q6_2"
[11] "Q6_3" "Q6_4" "Q6_5"
```

変数名	内容	望ましいデータの型
Q0	所属大学	文字型 (chr)
Q1	所属学部	文字型 (chr)
Q4	学生の性別 (男・女)	文字型 (chr)
Q2	学生の学年	文字型 (chr)
Q3_1	学生の身長 (cm)	数値型 (num)
Q3_2	学生の父親の身長 (cm)	数値型 (num)
Q3_3	学生の母親の身長 (cm)	数値型 (num)
Q5_1	学生の靴の大きさ (cm)	数値型 (num)

11

11

str()関数 を使って変数の「型」をチェックする

```
str(df)
```

```
spec_tbl_df [169 × 13] (S3: spec_tbl_df/tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Q0  : chr [1:169] "早稲田大学" "早稲田大学" "拓殖大学" "早稲田大学" ...
 $ Q1  : chr [1:169] "社会科学部" "社会科学部" "政経学部 (法律政治)" "社会科学部" ...
 $ Q4  : chr [1:169] "女性" "女性" "女性" "女性" ...
 $ Q2  : chr [1:169] "senior" "junior" "sophomore" "senior" ...
 $ Q3_1: num [1:169] 162 158 163 155 151 155 155 158 154 160 ...
 $ Q3_2: num [1:169] 172 169 169 166 173 177 169 167 168 172 ...
 $ Q3_3: num [1:169] 155 160 159 167 155 163 160 161 167 161 ...
 $ Q5_1: num [1:169] 22 22 22 22.5 22.5 22.5 22.5 22.5 23 23 ...
 $ Q6_1: num [1:169] NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA ...
 $ Q6_2: num [1:169] NA NA NA 31 NA NA NA NA 3 NA ...
 $ Q6_3: num [1:169] NA NA NA 2 NA NA NA NA NA NA ...
 $ Q6_4: num [1:169] NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA ...
 $ Q6_5: num [1:169] NA NA 8 NA NA NA NA NA NA NA ...
```

12

- 変数にわかりやすい名前を付ける

```
df <- df %>%
  dplyr::select(Q0:Q5_1) %>%
  dplyr::select(university = Q0,
                department = Q1,
                male = Q4,
                year = Q2,
                height = Q3_1,
                dad = Q3_2,
                mom = Q3_3,
                shoe = Q5_1)
```

13

13

- データフレーム df の中身を確認する

DT::datatable(df)

Show 10 entries

Search:

	university	department	male	year	height	dad	mom	shoe	pare
1	早稲田大学	社会科学部	女性	senior	162	172	155	22	1
2	早稲田大学	社会科学部	女性	junior	158	169	160	22	1
3	拓殖大学	政経学部（法律政治）	女性	sophomore	163	169	159	22	
4	早稲田大学	社会科学部	女性	senior	155	166	167	22.5	1
5	早稲田大学	社会科学部	女性	senior	151	173	155	22.5	
6	拓殖大学	政経学部（法律政治）	女性	sophomore	155	177	163	22.5	
7	早稲田大学	政治経済学部（政治学科）	女性	junior	155	169	160	22.5	1
8	早稲田大学	政治経済学部（政治学科）	女性	junior	158	167	161	22.5	
9	早稲田大学	社会科学部	女性	freshman	154	168	167	23	1
10	早稲田大学	社会科学部	女性	senior	160	172	161	23	1

Showing 1 to 10 of 169 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 17 Next

14

14

```
summary(df)
```

```

  university      department      male      year
Length:169      Length:169      Length:169      Length:169
Class :character  Class :character  Class :character  Class :character
Mode  :character  Mode  :character  Mode  :character  Mode  :character

      height      dad      mom      shoe      parents
Min.   :151.0   Min.   :140.0   Min.   :142   Min.   :22.0   Min.   :147.5
1st Qu.:163.0   1st Qu.:168.0   1st Qu.:156   1st Qu.:24.5   1st Qu.:163.0
Median :169.0   Median :172.0   Median :160   Median :26.1   Median :166.0
Mean   :168.2   Mean   :171.8   Mean   :160   Mean   :25.8   Mean   :165.9
3rd Qu.:175.0   3rd Qu.:176.0   3rd Qu.:164   3rd Qu.:27.0   3rd Qu.:169.0
Max.   :188.0   Max.   :185.0   Max.   :172   Max.   :30.0   Max.   :176.5
              NA's   :2              NA's   :5              NA's   :2

```

15

- 変数の型をチェック

```
str(df)
```

```

tibble [169 × 9] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ university: chr [1:169] "早稲田大学" "早稲田大学" "拓殖大学" "早稲田大学" ...
 $ department: chr [1:169] "社会科学部" "社会科学部" "政経学部 (法律政治)" "社会科学部"
 ...
 $ male      : chr [1:169] "女性" "女性" "女性" "女性" ...
 $ year      : chr [1:169] "senior" "junior" "sophomore" "senior" ...
 $ height    : num [1:169] 162 158 163 155 151 155 155 158 154 160 ...
 $ dad       : num [1:169] 172 169 169 166 173 177 169 167 168 172 ...
 $ mom       : num [1:169] 155 160 159 167 155 163 160 161 167 161 ...
 $ shoe      : num [1:169] 22 22 22 22.5 22.5 22.5 22.5 22.5 23 23 ...
 $ parents   : num [1:169] 164 164 164 166 164 ...

```

16

16

注意

- ・もし、`str()` 関数でチェックしたとき、本来「数値型」であるはずの `height`, `dad`, `mom` が「数値型 (numeric)」以外の型 (例えば「文字型」など) であれば (そういうことがよくある)
→次のコマンドを使って、「数値型 (numeric)」に変換する

```
df$height <- as.numeric(df$height)
df$dad <- as.numeric(df$dad)
df$mom <- as.numeric(df$mom)
df$shoe <- as.numeric(df$shoe)
df$parents <- as.numeric(df$parents)
```

- ・ここでは `height`, `dad`, `mom`, `shoe`, `parents` が全て「数値型」なので変換する必要はない

17

17

- ・交差項を構成する一つの変数である `male` は「文字型」なので「男性なら 1、女性なら 0」というダミー変数に変換する

```
df <- df %>%
  mutate(male = ifelse(male == "男性", 1, 0))
```

`male` という変数の値は「男性」と「女性」の2つ
「男性」なら「1」に変換
それ以外 (この場合は「女性」) なら「0」に変換
その変数に `male` をいう名前をつけて上書きする

```
str(df$male)
```

```
num [1:169] 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
```

```
table(df$male)
```

```
0    1
48 121
```

18

18

III. 交差項を含む・含まない重回帰分析

Q1: この検定における帰無仮説を書きなさい

- 母親の身長が子供の身長に与える影響は、子供の性別に関わらず同じ

Q2: この検定における対立仮説を書きなさい

✓ **子供の性別**によって、**母親の身長**が子供の身長に与える影響は異なる

→ 主要な独立変数・・・**母親の身長**

→ 調整変数・・・**子供の性別**

Q3: コントロール変数として入れるべき変数は何か？

変数名	内容	望ましいデータの型	含める・含めない
Q0	所属大学	文字型(chr)	含めない
Q1	所属学部	文字型(chr)	含めない
Q4	学生の性別（男・女）	文字型(chr)	含める
Q2	学生の学年	文字型(chr)	含めない
Q5_1	学生の靴の大きさ (cm)	数値型(num)	含める

19

19

- データの記述統計

```
stargazer(as.data.frame(df),  
          type = "html",  
          title = "親と子供の身長",  
          digits = 2)
```

親と子供の身長

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
male	169	0.72	0.45	0	0	1	1
height	169	168.22	8.17	151	163	175	188
dad	167	171.83	6.05	140.00	168.00	176.00	185.00
mom	169	159.98	5.29	142	156	164	172
shoe	164	25.80	1.67	22.00	24.50	27.00	30.00
parents	167	165.91	4.35	147.50	163.00	169.00	176.50

20

20

Q4: 交差項を入れないモデルと入れたモデルを比較

```
model_1 <- lm(height ~ mom + male + dad + shoe, data = df)
model_2 <- lm(height ~ mom + mom*male + male + dad + shoe, data = df)
```

```
stargazer(model_1, model_2,
           digits = 2,
           style = "ajps",
           title = "母親と子供の身長 (交差項 = mom:male) ",
           type = "html")
```

21

21

```
summary(model_1)
```

```
Call:
lm(formula = height ~ mom + male + dad + shoe, data = df)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-8.3350 -2.9898 -0.3559  2.6273 11.6229

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.36560    12.97926  -0.259    0.796
mom           0.42174     0.06277   6.719 3.19e-10 ***
male          6.92812     1.05175   6.587 6.41e-10 ***
dad           0.24454     0.05452   4.486 1.40e-05 ***
shoe          2.20870     0.29016   7.612 2.35e-12 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.125 on 157 degrees of freedom
(7 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.7545,    Adjusted R-squared:  0.7482
F-statistic: 120.6 on 4 and 157 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

22

22

```
summary(model_2)
```

```
Call:
lm(formula = height ~ mom + mom * male + male + dad + shoe, data = df)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.5390 -2.7167  0.0239  2.6769 11.4339
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  39.66407    20.95319   1.893   0.0602 .
mom           0.17426     0.11379   1.531   0.1277
male        -48.78812    21.55463  -2.263   0.0250 *
dad           0.23323     0.05373   4.341 2.54e-05 ***
shoe          2.15104     0.28590   7.524 3.96e-12 ***
mom:male       0.34855     0.13469   2.588   0.0106 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 4.052 on 156 degrees of freedom
(7 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.7646,    Adjusted R-squared:  0.757
F-statistic: 101.3 on 5 and 156 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

23

```
```{r, results = "asis"}
stargazer(model_1, model_2,
 digits = 2,
 style = "ajps",
 title = "母親と子供の身長（交差項 = mom:male）",
 type = "html")
```
```

24

母親と子供の身長（交差項 = mom:male）

| | height | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Model 1 | Model 2 |
| mom | 0.42***
(0.06) | 0.17
(0.11) |
| male | 6.93***
(1.05) | -48.79**
(21.55) |
| dad | 0.24***
(0.05) | 0.23***
(0.05) |
| shoe | 2.21***
(0.29) | 2.15***
(0.29) |
| mom:male | | 0.35**
(0.13) |
| Constant | -3.37
(12.98) | 39.66*
(20.95) |
| N | 162 | 162 |
| R-squared | 0.75 | 0.76 |
| Adj. R-squared | 0.75 | 0.76 |
| Residual Std. Error | 4.12 (df = 157) | 4.05 (df = 156) |
| F Statistic | 120.61*** (df = 4; 157) | 101.33*** (df = 5; 156) |

$p < .01$; $p < .05$; $p < .1$

25

25

```
summary(model_1)
```

Call:
lm(formula = height ~ mom + male + dad + shoe, data = df)

Residuals:

| | | | | |
|---------|---------|---------|--------|---------|
| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
| -8.3350 | -2.9898 | -0.3559 | 2.6273 | 11.6229 |

Coefficients:

| | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) |
|-------------|----------------|----------------|--------------|---------------------|
| (Intercept) | -3.36560 | 12.97926 | -0.259 | 0.796 |
| mom | <u>0.42174</u> | <u>0.06277</u> | <u>6.719</u> | <u>3.19e-10 ***</u> |

母親と子供の身長（交差項 = mom:male）

| | Model 1 |
|-----|---------------------------------|
| mom | <u>0.42***</u>
<u>(0.06)</u> |

1. mom の係数
2. coefficient
3. 偏回帰係数
4. 傾き
5. 限界効果

標準誤差

ここでは「母集団では mom の平均値は 0」
という帰無仮説を t 検定している

26

26

```

sj_1 <- sjPlot::plot_model(model_1,
                             show.values = T,      #推定値の係数を表示する
                             show.p = T,          #統計的有意性を*で表示する
                             vline.color = "blue", #推定値=0の縦線の色を黒に指定
                             title = "母親と子供の身長",
                             digits = 2) # 推定値の表示を小数点3桁に指定

sj_1

```

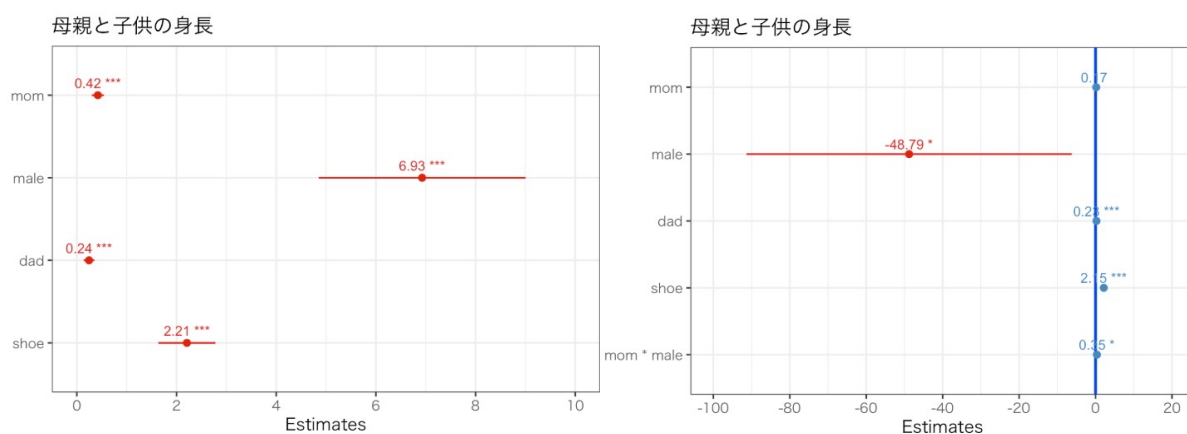
```

sj_2 <- sjPlot::plot_model(model_2,
                             show.values = T,      #推定値の係数を表示する
                             show.p = T,          #統計的有意性を*で表示する
                             vline.color = "blue", #推定値=0の縦線の色を黒に指定
                             title = "母親と子供の身長",
                             digits = 2) # 推定値の表示を小数点3桁に指定

sj_2

```

27

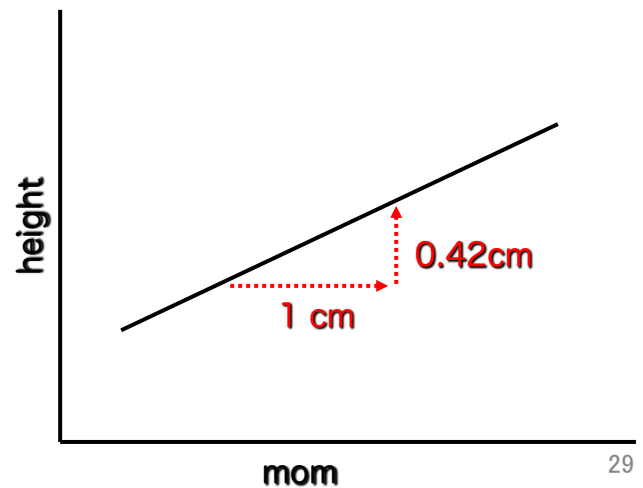


28

交差項を入れないモデルの回帰式(Model_1)

$$\text{height} = -3.37 + 0.42\text{mom} + 0.24\text{dad} + 6.93\text{male} + 2.21\text{shoe}$$

| | Model 1 |
|-----------|-------------------|
| mom | 0.42***
(0.06) |
| male | 6.93***
(1.05) |
| dad | 0.24***
(0.05) |
| shoe | 2.21***
(0.29) |
| mom: male | |
| Constant | -3.37
(12.98) |



29

散布図を描く

文字化けしないためのコマンド (マックユーザのみ)

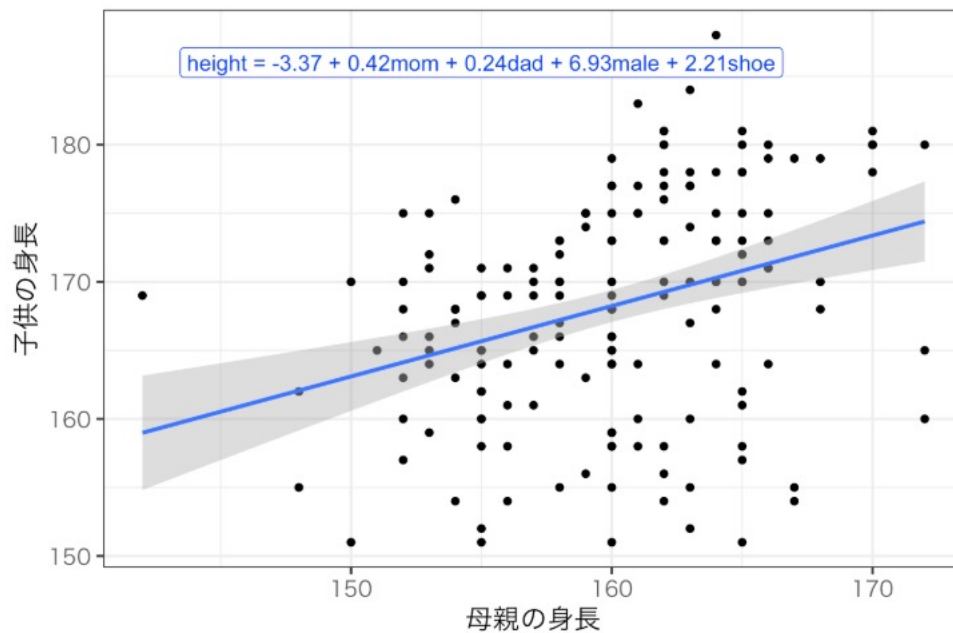
```
theme_set(theme_bw(base_size = 14, base_family = "HiraKakuPro-W3"))
```

```
ggplot(df, aes(mom, height)) +  
  geom_point() +  
  labs(x = "母親の身長", y = "子供の身長",  
       title = "母親と子供の身長") +  
  stat_smooth(method = lm) +  
  annotate("label",  
         label = "height = -3.37 + 0.42mom + 0.24dad + 6.93male + 2.21shoe",  
         x = 155, y = 186,  
         size = 4,  
         colour = "blue")
```

30

30

母親と子供の身長



31

31

交差項を入れたモデルの回帰式(Model_2)

$$height = 39.66 + \underline{0.17}mom + 0.23dad - 48.79male + 2.15shoe + \underline{0.35}mom : male$$

- 交差項（ここでは `mom:male`）は「主要な独立変数」（`mom`）と「調整変数」（`male`）から構成される

| Model 2 | |
|----------|---------------------|
| mom | 0.17
(0.11) |
| male | -48.79**
(21.55) |
| dad | 0.23***
(0.05) |
| shoe | 2.15***
(0.29) |
| mom:male | 0.35**
(0.13) |
| Constant | 39.66* |

- 調整変数 (`male`) の 最小値 = 0 と 最大値 = 1 を上の式に代入
→ それぞれの値における 限界効果 (= 傾き) を求める

$$height = \bigcirc + \underline{\text{red}}mom + \dots$$

$$height = \bigcirc + \underline{\text{blue}}mom + \dots$$

32

32

女子学生 (male = 0) の時の回帰式

- male = 0 を上の式に代入

$$\text{height} = 39.66 + \underline{0.17}mom + 0.23dad + 2.15shoe$$

男子学生 (male = 1) の時の回帰式

- male = 1 を上の式に代入

$$\text{height} = -9.13 + \underline{0.52}mom + 0.23dad + 2.15shoe$$

mom の限界効果 (= 傾き)



33

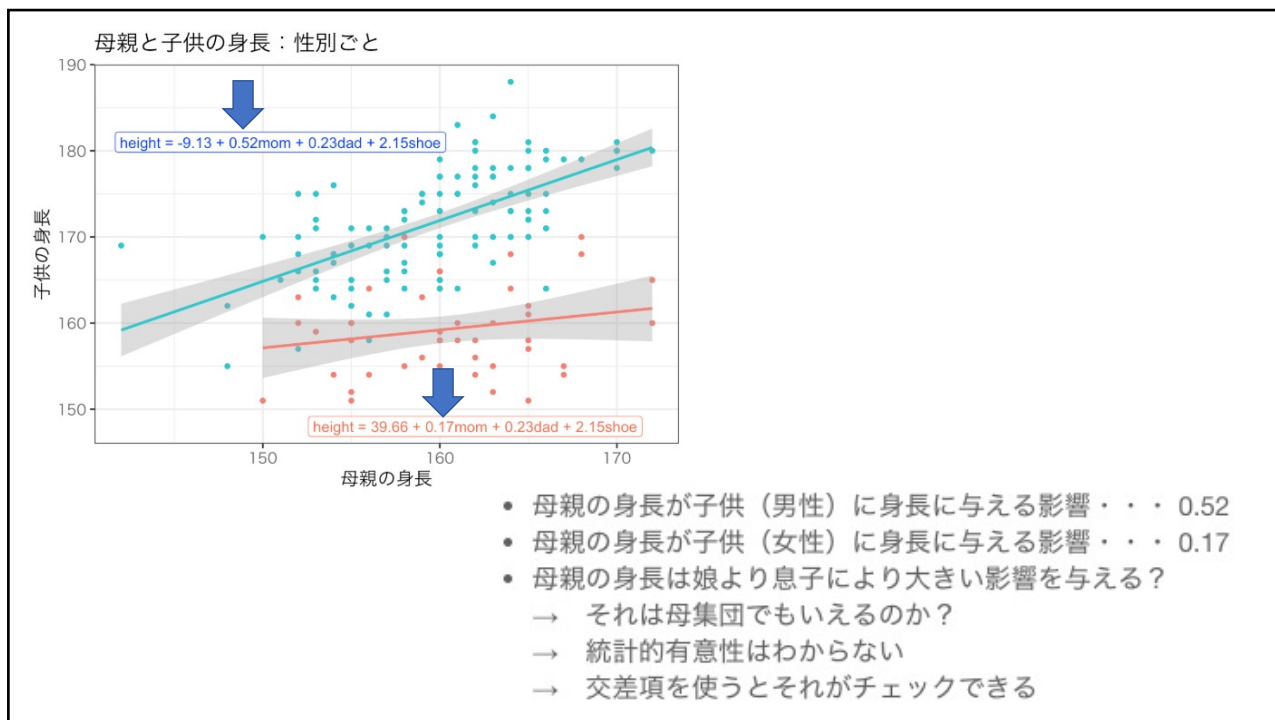
33

- 手計算で求めた 2 つの回帰式をグラフで色分けして描いてみる

```
ggplot(df, aes(x = mom, y = height, color = as.factor(male))) +  
  geom_point() +  
  labs(x = "母親の身長", y = "子供の身長",  
       title = "母親と子供の身長：性別ごと") +  
  stat_smooth(method = lm) +  
  annotate("label",  
         label = "height = -9.13 + 0.52mom + 0.23dad + 2.15shoe",  
         x = 151, y = 181,  
         size = 4,  
         colour = "blue") +  
  annotate("label",  
         label = "height = 39.66 + 0.17mom + 0.23dad + 2.15shoe",  
         x = 162, y = 148,  
         size = 4,  
         colour = "tomato") +  
  theme(legend.position = "none")
```

34

34



35

Q5: 母親の身長は娘より息子により大きい影響を与えているのか？

- 先ほど手計算で求めた女性と男性それぞれの回帰式を R で求めている
- `model_2` の分析結果における係数 (coefficient) を確認する

```
model_2$coef
```

| (Intercept) | mom | male | dad | shoe | mom:male |
|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 39.6640695 | 0.1742571 | -48.7881200 | 0.2332288 | 2.1510384 | 0.3485525 |

$$\text{height} = 39.66 + 0.17\text{mom} + 0.23\text{dad} - 48.79\text{male} + 2.15\text{shoe} + 0.35\text{mom} : \text{male}$$

- 交差項 (ここでは `mom:male`) は「主要な独立変数」(`mom`)と「調整変数」(`male`)から構成される
- 調整変数 (`male`) の最小値 (0) と最大値 (1) それぞれの値における限界効果 (= 傾き) を計算し、`slopes` と名前をつけて表示

male = 0 or 1 を代入

36

36

| (Intercept) | mom | male | dad | shoe | mom:male |
|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 39.6640695 | 0.1742571 | -48.7881200 | 0.2332288 | 2.1510384 | 0.3485525 |

- 限界効果を計算するために必要な係数は次の2つ：

1. 2 番目の `mom` の係数
2. 6 番目の `mom:male` 係数

```
at.male <- c(0, 1) # mini (0) - max (1) まで 1 間隔で区切る
slopes <- model_2$coef[2] + model_2$coef[6]*at.male
# mom の傾きの限界効果 (slopes) を計算する
# [2] は 2 つ目の係数、[6] は六つ目の係数という意味
slopes
# 結果を表示する
```

37

37

```
[1] 0.1742571 0.5228096
```

- これら 2 つの値は先ほど手計算した、女性の回帰式と男性の回帰式における `mom` の係数のこと

女子学生 (`male = 0`) の時の回帰式

- `male = 0` を上の式に代入

$$\text{height} = 39.66 + 0.17\text{mom} + 0.23\text{dad} + 2.15\text{shoe}$$

男子学生 (`male = 1`) の時の回帰式

- `male = 1` を上の式に代入

$$\text{height} = -9.13 + 0.52\text{mom} + 0.23\text{dad} + 2.15\text{shoe}$$

38

38

統計的有意性の確認

- `delta method` を使ってこれらの2つの限界効果 (= `slopes`) と標準誤差 (`standard error`) を推定
- `delta method` コマンドを使うために `msm` パッケージをロードする

```
library(msm)
```

- 母親の身長が子供 (息子・娘) に与える2つの限界効果 (`slopes`) とその標準誤差を計算し、可視化する
- 95% 信頼区間 (`upper`, `lower`) を表示

```
estmean <- coef(model_2)
var <- vcov(model_2)

SEs <- rep(NA, length(at.male))

for (i in 1:length(at.male)){
  j <- at.male[i]
  SEs[i] <- deltamethod (~ (x2) + (x4)*j, estmean, var) # slopes の 標準誤差
}

upper <- slopes + 1.96*SEs
lower <- slopes - 1.96*SEs

cbind(at.male, slopes, upper, lower)
```

39

39

| | at.male | slopes | upper | lower |
|------|---------|-----------|-----------|-------------|
| [1,] | 0 | 0.1742571 | 0.3972777 | -0.04876348 |
| [2,] | 1 | 0.5228096 | 0.7696011 | 0.27601818 |

- `at.male` は女性が0, 男性が1を表す
- `slopes` は女性と男性がそれぞれの場合において、`mom` が `height` に及ぼす限界効果の大きさ (=傾き)
- [1,] と `slopes` に囲まれた値 **0.1742571**
→ 女性の場合、説明変数 (`mom`) が応答変数 (`height`) に与える限界効果 (回帰線の傾き)
- [2,] と `slopes` に囲まれた値 **0.5228096**
→ 男性の場合、説明変数 (`mom`) 応答変数 (`height`) に与える限界効果 (回帰線の傾き)
- `upper` と `lower` は 95% 信頼区間

40

40

- グラフを描くために上の行列をデータフレームに変換し `msm_1` という名前を付ける

```
msm_1 <- cbind(at.male, slopes, upper, lower) %>%
  as.data.frame()
```

```
msm_1
```

| | at.male | slopes | upper | lower |
|---|---------|-----------|-----------|-------------|
| 1 | 0 | 0.1742571 | 0.3972777 | -0.04876348 |
| 2 | 1 | 0.5228096 | 0.7696011 | 0.27601818 |

41

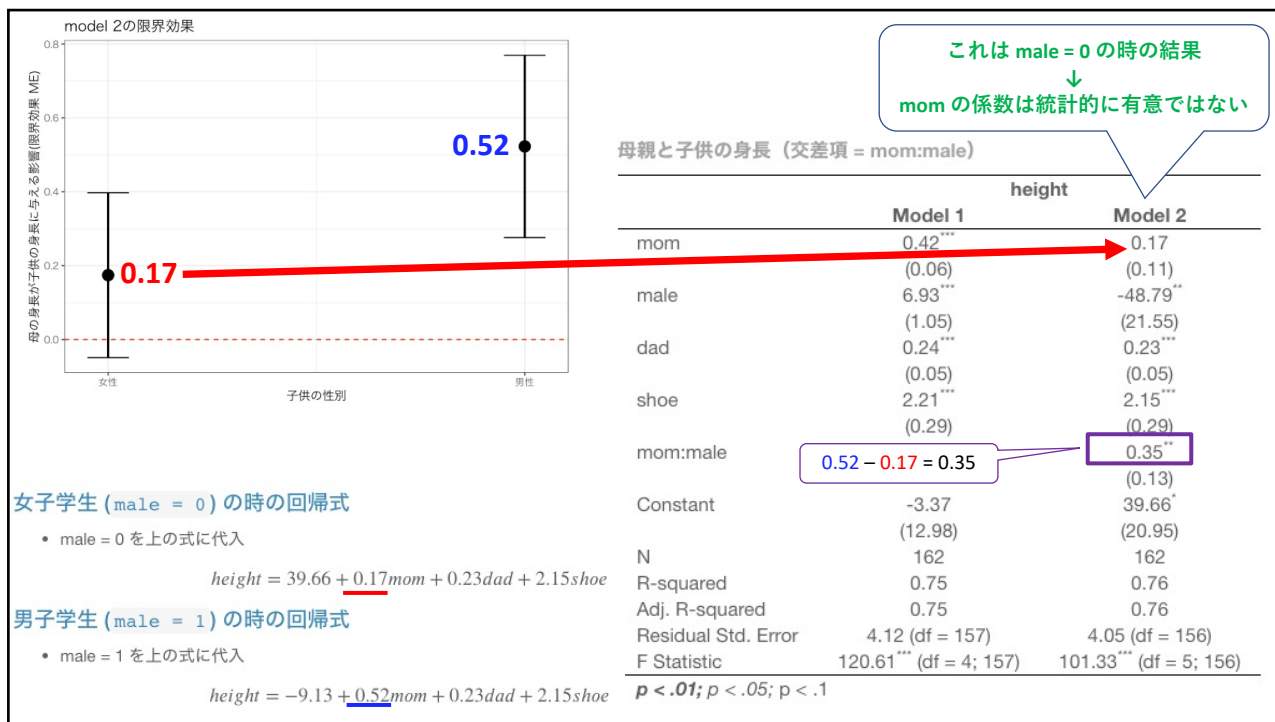
41

- 性別を x軸、mom が height に与える影響力 (slopes) を y軸 にグラフを描く

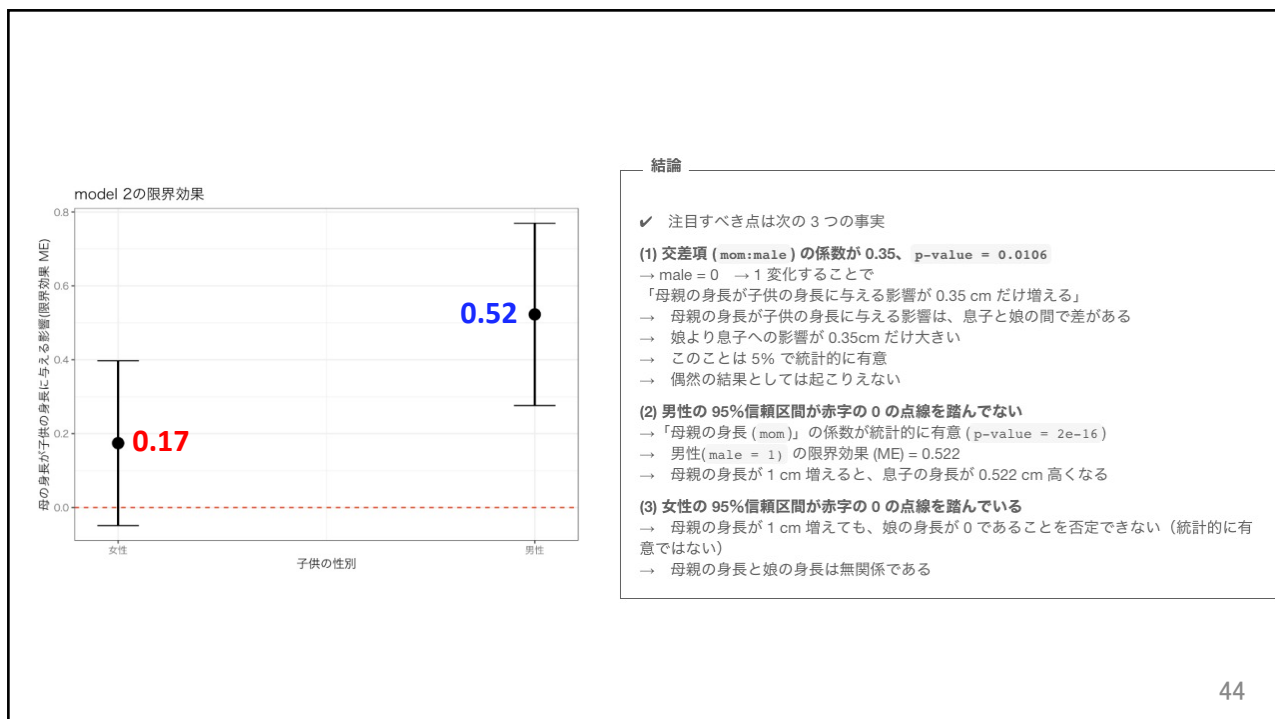
```
msm_1 <- msm_1 %>%
  ggplot(aes(at.male, slopes, ymin = lower, ymax = upper)) +
  geom_hline(yintercept = 0, linetype = 2, col = "red") +
  geom_pointrange(size = 1) +
  geom_errorbar(aes(x = at.male, ymin = lower, ymax = upper),
    width = 0.1) +
  labs(x = "子供の性別", y = "母の身長が子供の身長に与える影響(限界効果 ME)") +
  scale_x_continuous(breaks = c(0,1),
    labels = c("女性", "男性")) +
  ggtitle("model 2の限界効果") +
  theme(axis.text.x = element_text(size = 14),
    axis.text.y = element_text(size = 14),
    axis.title.y = element_text(size = 14),
    plot.title = element_text(size = 18)) +
  theme_bw(base_family = "HiraKakuProN-W3")
```

```
msm_1
```

42



43



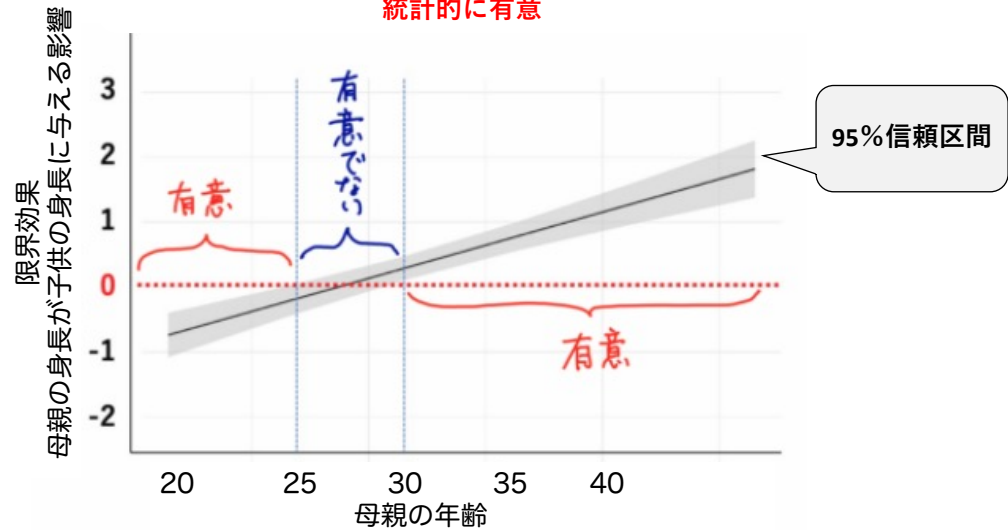
44

44

調整変数が連続変数（例：母親の出産年齢）の場合

95%信頼区間の上部 (upper) と下部 (lower) が0の点線に接しない

↓
統計的に有意



45

45

Figure 5-7

The Predicted Probability of Joining the POH and Policy Position
sorted by Electoral Strength

Fig5: Prediction of Joining the POH

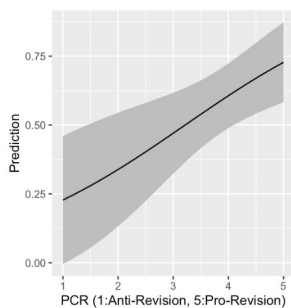


Fig6: Prediction by Margin_sq

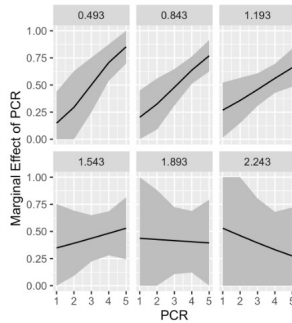
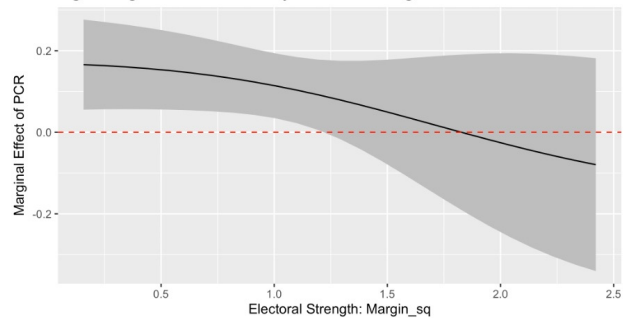


Fig7: Marginal Effect of PCR by Electoral Strength



46