第14章
プログラム評価

藪友良

『入門　実践する計量経済学』

(東洋経済新報社)

PPT

内容

- プログラム評価
- ランダム化比較実験
- 差の差分析
- 回帰不連続デザイン

プログラム評価

- **プログラム評価**

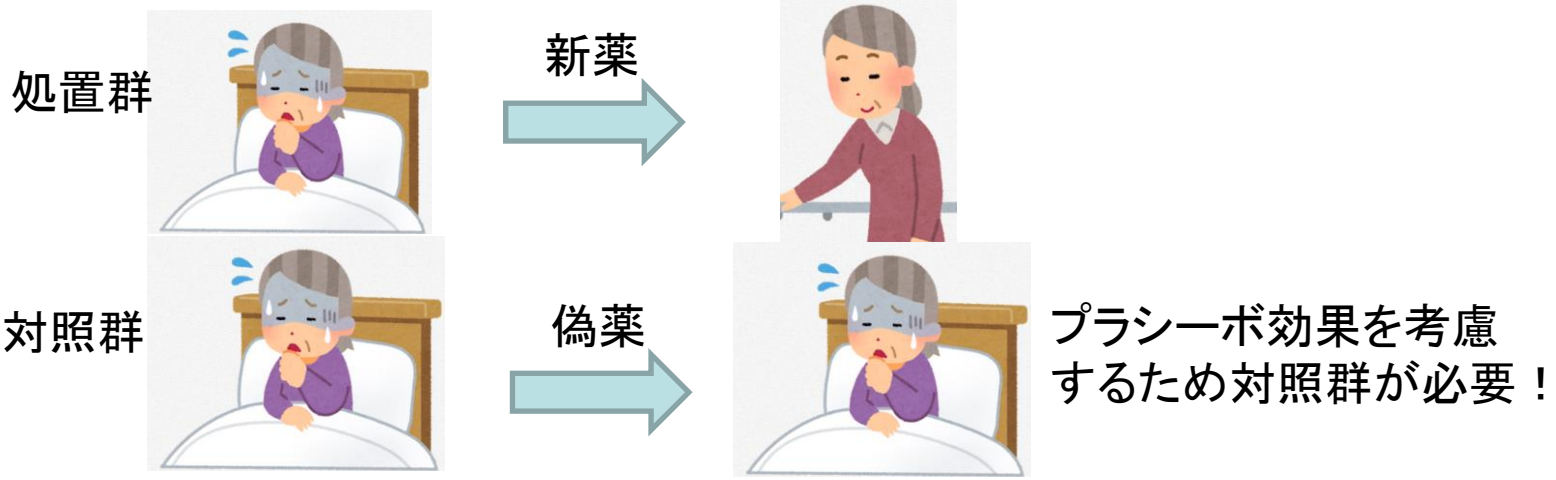
---プログラム、政策、処置、介入の効果の評価

(ex,職業訓練プログラム、少人数教育、最低賃金引き上げなど)

- **理想的実験**

--- (コレストロール値が高くなる)難病に効くと思われる新薬がある

--- 全く同じ個人が2人いて、片方に新薬を投与し、もう片方に偽薬を投与し、2人の症状を比較する



--- 現実には不可能(一卵性双子であっても同じではない)

画像出所:いらすとや

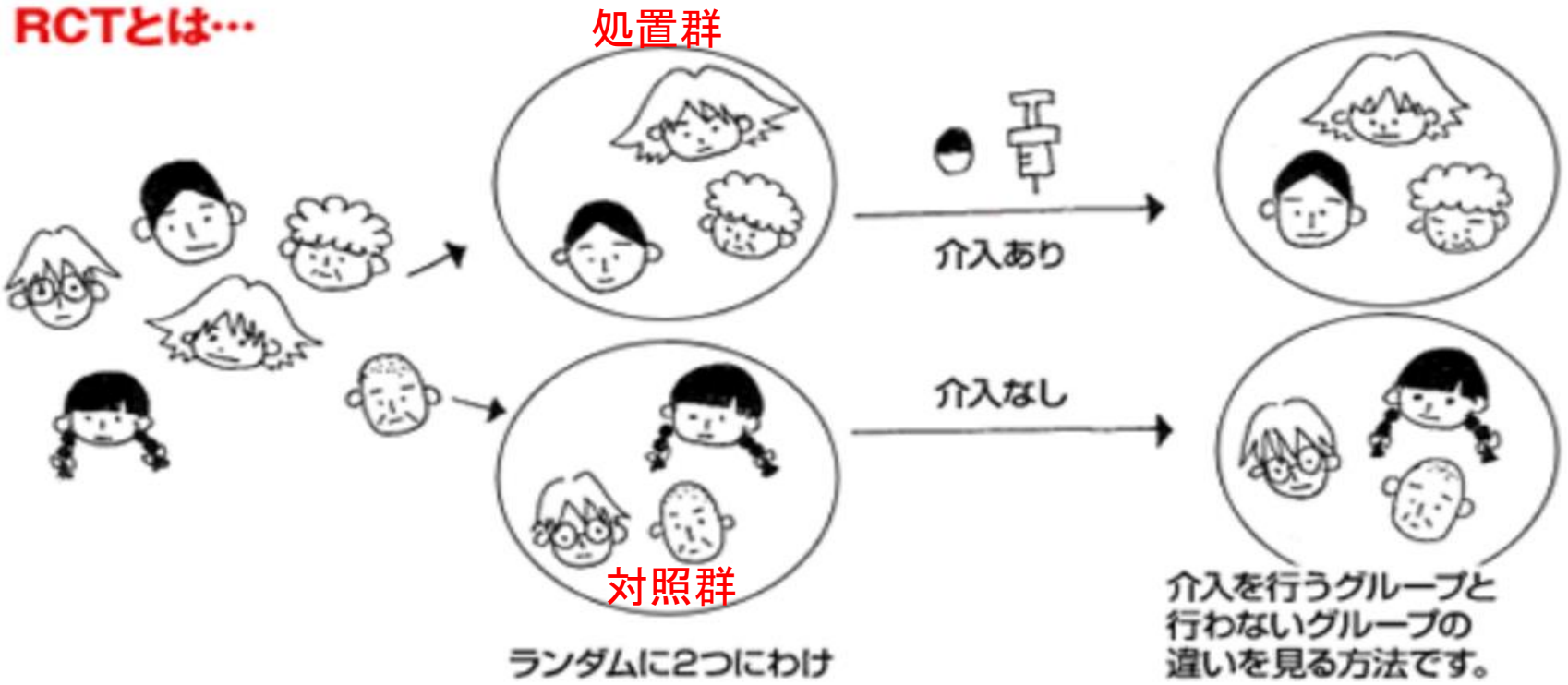
ランダム化比較実験

- **ランダム化比較実験(Randomized Control Trial)**

--- 患者達を処置群（新薬投与）と対照群（偽薬投与）に
ランダムに振り分ける

--- 処置群と対照群は同質の集団になる

--- 症状の平均差を比較すれば**処置効果**が推定できる



画像出所：看護ネット

ランダム化比較実験と回帰分析

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i$$

--- Y_i : アウトカム(投与してから1週間のコレストロール値の変化)

--- X_i : 新薬を投与したら1となるダミー変数

--- β: 処置効果(マイナスなら新薬の効果あり)

--- ランダムに新薬を割り当てたら、割当と患者の属性(年齢、性別、生活習慣、症状など)が無関係になる。X_iとu_iは無相関になる（内生性がない）

--- OLSによって処置効果βをバイアスなく推定できる

STAR実験

- 幼稚園年長(5歳児)11600人を4年間追跡調査
- 学校内で無作為に生徒と教員を3グループに振り分けた

①少人数クラス(生徒数13－17人)

②標準/補助クラス(生徒数22－25人、常勤教員補助付)

③標準クラス(生徒数22－25人)

--- Y_i : テストの結果(算数とリーディングの合計点)

X_{1i} : クラス①なら1となるダミー変数

X_{2i} : クラス②なら1となるダミー変数

- OLS推定

$$\hat{Y} = 932.476 + 16.022X_{1i} + 1.699X_{2i} + \text{学校効果}$$
$$(7.595) \quad (2.245) \qquad (2.029)$$

---少人数クラス①だと点数は16点高い

---標準/補助クラス②では有意な影響はない

- **RCTの限界と可能性**

--- RCTはコストがかかる（STAR実験は1200万ドル)

--- 倫理的に実験できない場合がある(喫煙の健康被害、教育年数が生涯所得に与える効果)

--- RCTが活用されている分野

医療(臨床治験)

開発援助(マラリア対策として蚊帳の提供方法)

マーケティング(A/Bテスト)

A/B テスト

- ランダム化比較実験をウェブサイト改善に使う方法
  (閲覧者を画面AとBにランダムに振り分けクリック率を比較)

例) 2008年の大統領選でオバマ陣営がウェブサイトの登録率を上げるために活用し、6000万ドルの追加的資金を集めた

（出所） 以下のブログ記事によります. Siroker, D. “Obama’s $60 million dollar experiment” https://www.optimizely.com/insights/blog/how-obama-raised-60-million-by-running-a-simple-experiment

- **自然実験**

--- まるでRCTが自然に起こったかのような状況を上手に利用して処置効果を測る

--- 自然実験

差の差分析(DID分析)

回帰不連続デザイン

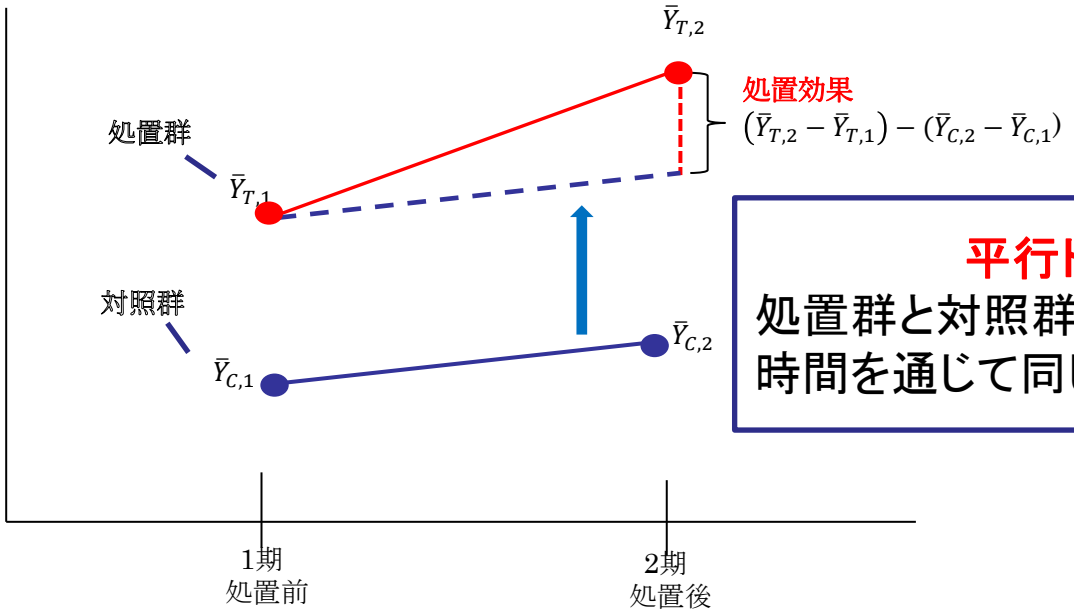
差の差分析

- 差の差をとることで処置効果を推定する

---処置前後で処置群と対照群のアウトカムの差を計算し、
さらにグループ間で差をとる

--- パネルデータ: 2時点(1期、2期)、N人(i=1,2,…,N)

	処置群	対照群	差（処置群－対照群）
処置前（1期）	$\bar{Y}_{T,1}$	$\bar{Y}_{C,1}$	$\bar{Y}_{T,1}-\bar{Y}_{C,1}$
処置後（2期）	$\bar{Y}_{T,2}$	$\bar{Y}_{C,2}$	$\bar{Y}_{T,2}-\bar{Y}_{C,2}$
差（2期－1期）	$\bar{Y}_{T,2}-\bar{Y}_{T,1}$	$\bar{Y}_{C,2}-\bar{Y}_{C,1}$	$(\bar{Y}_{T,2}-\bar{Y}_{T,1})-(\bar{Y}_{C,2}-\bar{Y}_{C,1})$



平行トレンドの仮定

処置群と対照群は、(処置がなければ)
時間を通じて同じ動きをする

- **回帰分析**

主体iは1,2,…,N、時点はt=1,2

$$Y_{it} = \alpha + \theta_1 D_i + \theta_2 Time_t + \beta X_{it} + u_{it}$$

---D_i: 処置群に属するなら1となるダミー変数

---$Time_t$: 2期なら1となるダミー変数

--- $X_{it} = D_i \times Time_t$: 処置がされたら1となるダミー変数

--- β: 処置効果

	処置群	対照群	差（処置群－対照群）
処置前（1期）	$\alpha+\theta_1$	α	θ_1
処置後（2期）	$\alpha+\theta_1+\theta_2+\beta$	$\alpha+\theta_2$	$\theta_1+\beta$
差（2期－1期）	$\theta_2+\beta$	θ_2	β

[証明] アウトカムの値($u_{it}=0$と仮定)

処置前(1期)に処置群なら$(D_i = 1, Time_t = 0, X_{it} = 0)$から$\alpha + \theta_1$

処置後(2期)に処置群なら$(D_i = 1, Time_t = 1, X_{it} = 1)$から$\alpha + \theta_1 + \theta_2 + \beta$

処置前(1期)に対象群なら$(D_i = 0, Time_t = 0, X_{it} = 0)$から$\alpha$

処置後(2期)に対象群なら$(D_i = 0, Time_t = 1, X_{it} = 0)$から$\alpha + \theta_2$

例(最低賃金の上昇が雇用に与える影響)

- Card and Krueger (1994)

--- 1992年4月にNJ州で最低賃金($4.25→$5.05)

--- 2月と11月にNJ州とPA州東部のファーストフード410店調査

--- PA州は最低賃金を$4.25に据え置き、PA東部はNJ州と隣接

	NJ州（処置群）	PA州（対照群）	差（NJ州－PA州）
処置前（2月）	20.44	23.33	−2.89
処置後（11月）	21.03	21.17	−0.14
雇用の変化	0.59	−2.16	2.75

最低賃金が上がると雇用が増える！

- 回帰分析

$$Y_{it} = 23.33 - 2.89NJ_i - 2.16Time_t + 2.75X_{it}$$
$$\quad\quad (1.35) \quad (1.44) \quad\quad (1.22) \quad\quad (1.31)$$

--- Y_{it}:i店の雇用者数、NJ_i: NJ州なら1となる、$Time_t$: 11月なら1

$X_{it} = NJ_i \times Time_t$: 最低賃金が上がった店舗で1となる

- 店舗効果を考慮する

$$Y_{it} = -2.28Time_t + 2.75X_{it} + \text{店舗効果}$$

(1.80)　　(1.92)

--- ４10店舗あるので409個の店舗ダミーをいれる
　　定数項は表記していない

--- NJダミーは時間を通じて一定なので削除した

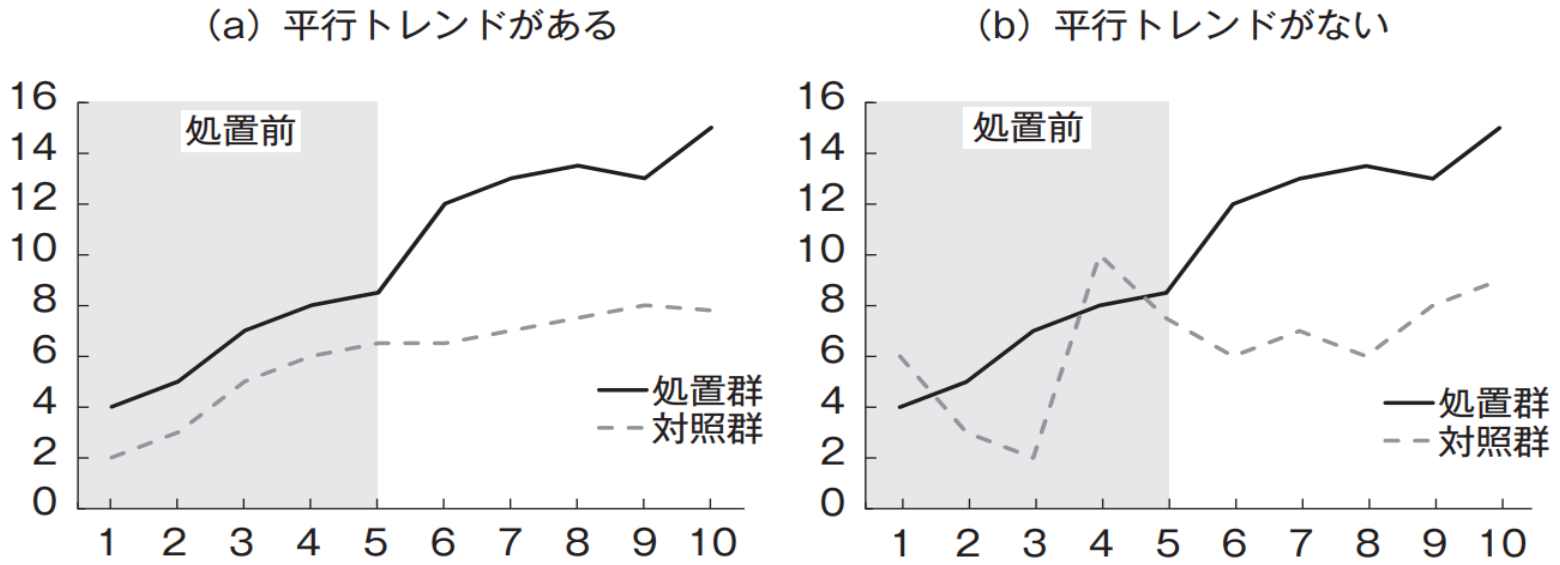
--- 2時点なので時間ダミーは1つで時間効果を考慮できる

--- **固定効果と時間効果を考慮した固定効果モデル**は
差の差分析と解釈できる

平行トレンドの仮定

処置群と対照群は（処置がなかった場合）時間を通じての動きが同じ

① 処置前の動きは平行トレンドの仮定を満たすか



② 処置後にアウトカムに影響を与える他イベントはないか

--- 処置群と対照群に同じ影響を与えるなら問題ない

--- 処置群と対照群に非対称な影響を与えるとき問題となる

例) NJ州に低賃金労働者の雇用促進の補助金が導入

回帰不連続デザイン

- 回帰不連続デザイン(**シャープRDデザイン**)

---割当変数W_iが既知の閾値cを超えると介入が割り当てられる

---閾値c付近でRCTに近似した状況が生じる

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i$$

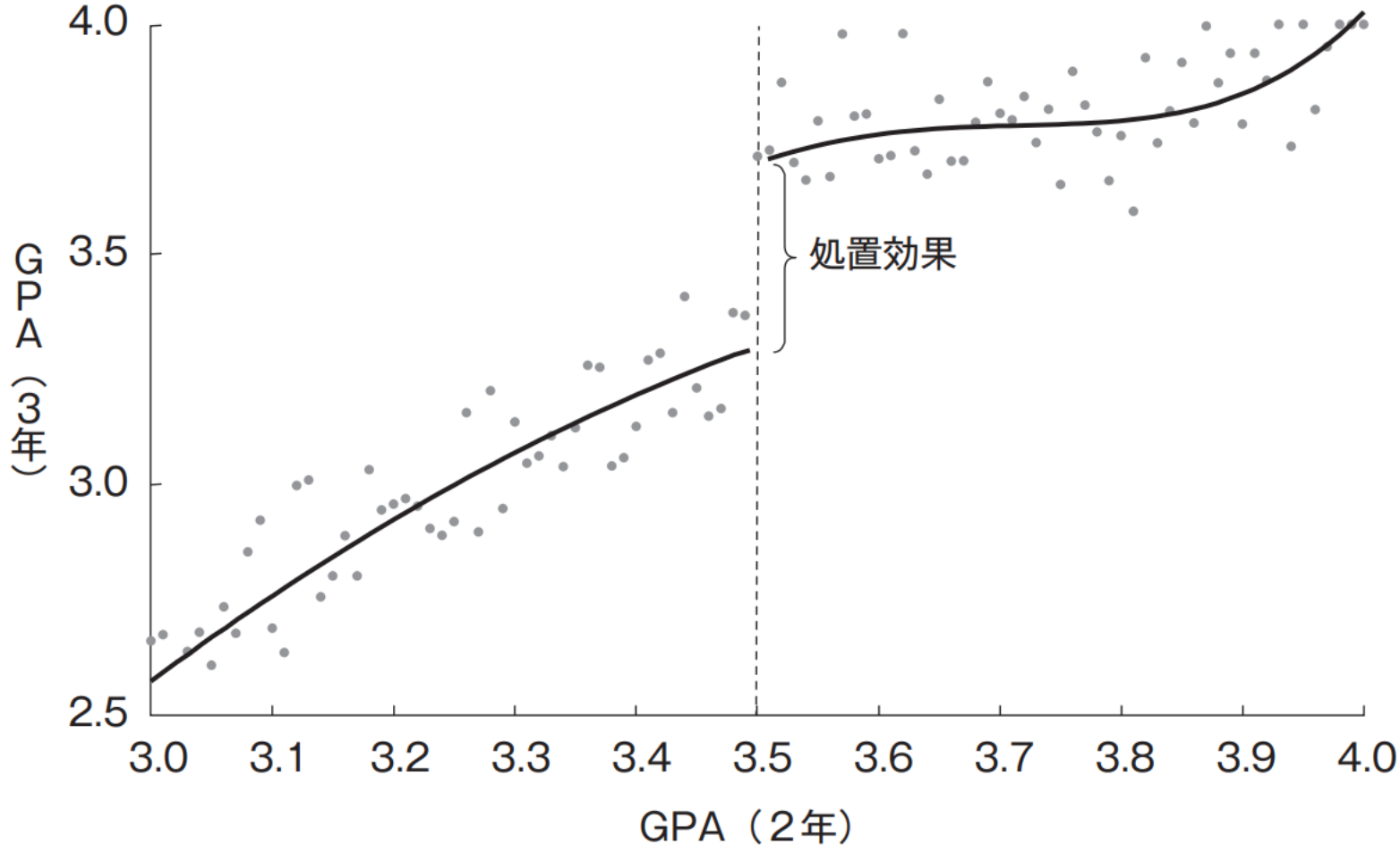
$$X_i = \begin{cases} 1 & W_i \geq c \\ 0 & W_i < c \end{cases}$$

例(奨学金)

--- 2年次のGPA (W_i)が3.5 (c)以上だと奨学金(X_i)が与えられる

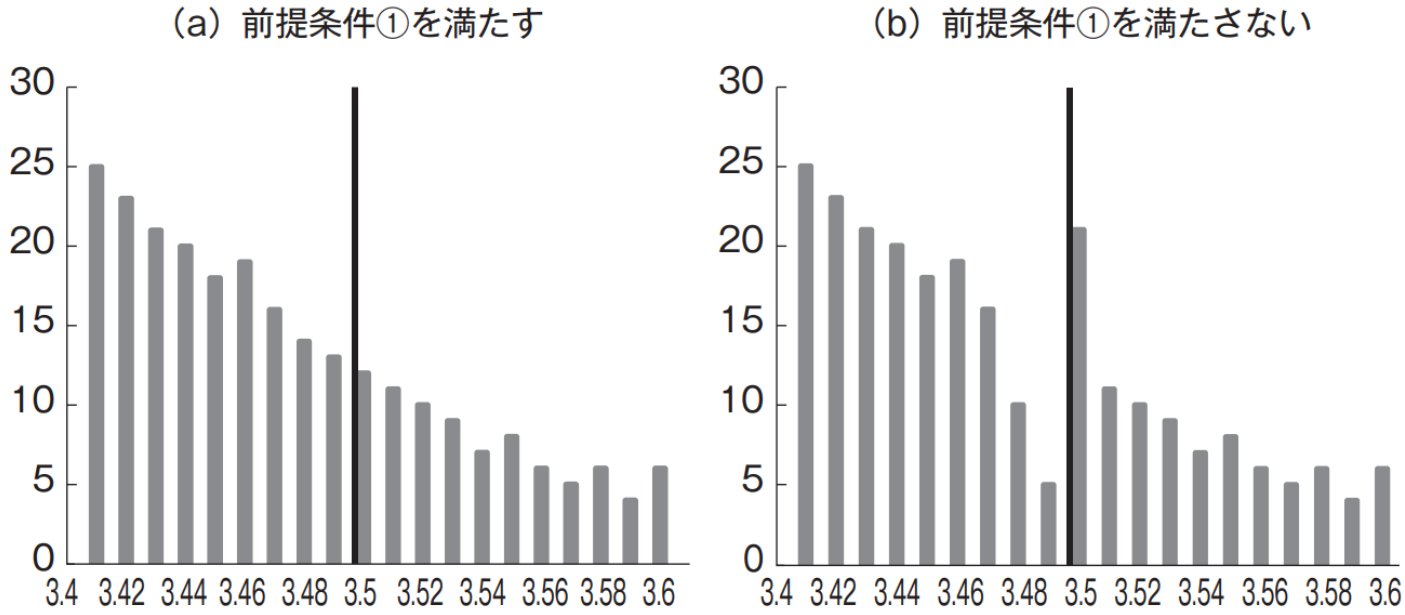
--- 3年次のGPA(Y_i)はどれぐらい改善するか(処置効果β)

図14 - 4　奨学金の処置効果



条件①：個人iは割当変数W_iを正確に操作できない

--- 生徒がGPAを正確に操作できると、GPAが3.49の生徒と3.5の生徒は同じ性質を持たない



条件②：閾値c付近で他要因が非連続的に変化しない

--- 他要因が非連続的に変化すると、処置の効果を識別できない

--- GPAが3.5を超えると、奨学金+授業料免除が与えられる

--- 問題となる他要因は既に決定された（先決）変数に限る
(3年次の勉強時間は先決変数ではない)

事例1
選挙で現職はどれぐらい有利か

- **選挙で現職はどれぐらい有利か**

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i$$

--- 1946－1998年までの米国下院議員選挙の結果

--- Y_i : t+1期に選挙区iで民主党候補が勝ったら1となる

--- X_i : t期に選挙区iで民主党候補が勝ったら1となる

(t+1期に現職となるダミー)

--- β : 現職だと勝率は何%上がるかを表す

--- W_i: t期の得票差(民主党得票率－共和党得票率)

--- $c = 0$ （ $X_i = 1 \ if \ W_i \geq 0$）

--- 接戦で勝った候補者と負けた候補者は同質となる

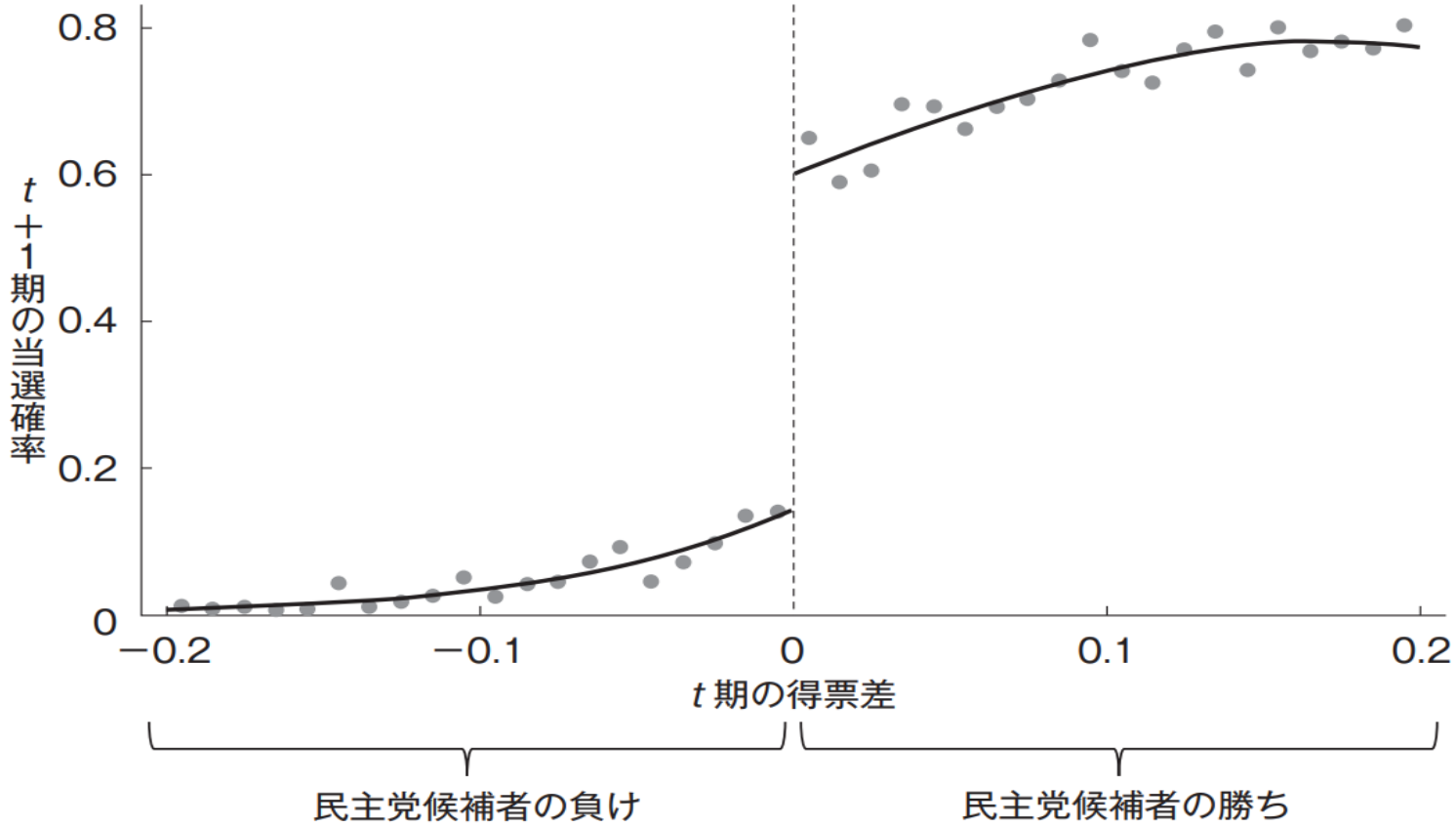
- **結果の見せ方①(Nadaraya-Watson推定量の1種)**

--- 配当変数Wについて、閾値の左側と右側で20組に分ける

[-0.2,-0.19)、[-0.19,-0.18)、…、[-0.02,-0.01)、[-0.01,0)

[0,0.01)、[0.01,0.02)、…、[0.18,0.19)、[0.19,0.20]

--- 各組においてYの平均(当選した割合、つまり、当選確率)を求め、Wの中点と一緒に散布図にする



- **結果の見せ方②**

--- 多項式の推定により処置効果を推定する

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \theta_1 W_i + \theta_2 W_i^2 + \theta_3 W_i^3 + \gamma_1 W_i X_i + \gamma_2 W_i^2 X_i + \gamma_3 W_i^3 X_i + u_i$$

--- $W_i < 0$なら$X_i = 0$、$W_i \geq 0$なら$X_i = 1$

$W_i < 0$なら

$$Y_i = \alpha + \theta_1 W_i + \theta_2 W_i^2 + \theta_3 W_i^3 + u_i$$

$W_i \geq 0$なら

$$Y_i = \alpha + \beta + (\theta_1 + \gamma_1) W_i + (\theta_2 + \gamma_2) W_i^2 + (\theta_3 + \gamma_3) W_i^3 + u_i$$

--- 処置効果β は$W_i = 0$における切片の差(0.455と推定される)

--- 多項式による推定は端点で不正確になる

- **結果の見せ方③**

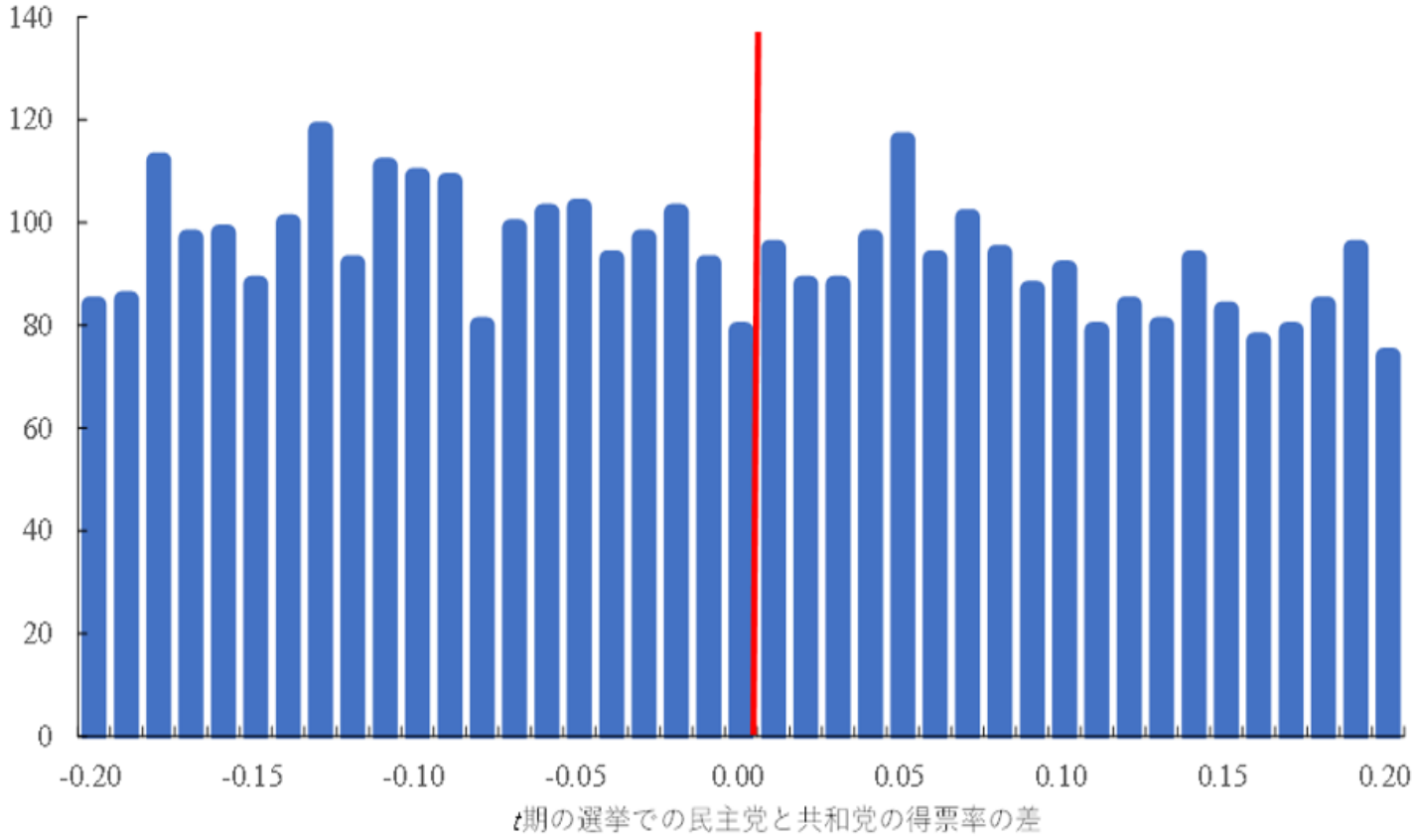
---局所線形回帰によるノンパラメトリック推定が推奨される

因果推論の計量経済学
川口・澤田

- **前提条件①**

--- 個人iは投票差W_iを正確に操作できない

--- 接戦になったとき、票の再集計や、投票の無効を訴えて認められるような事態になると問題

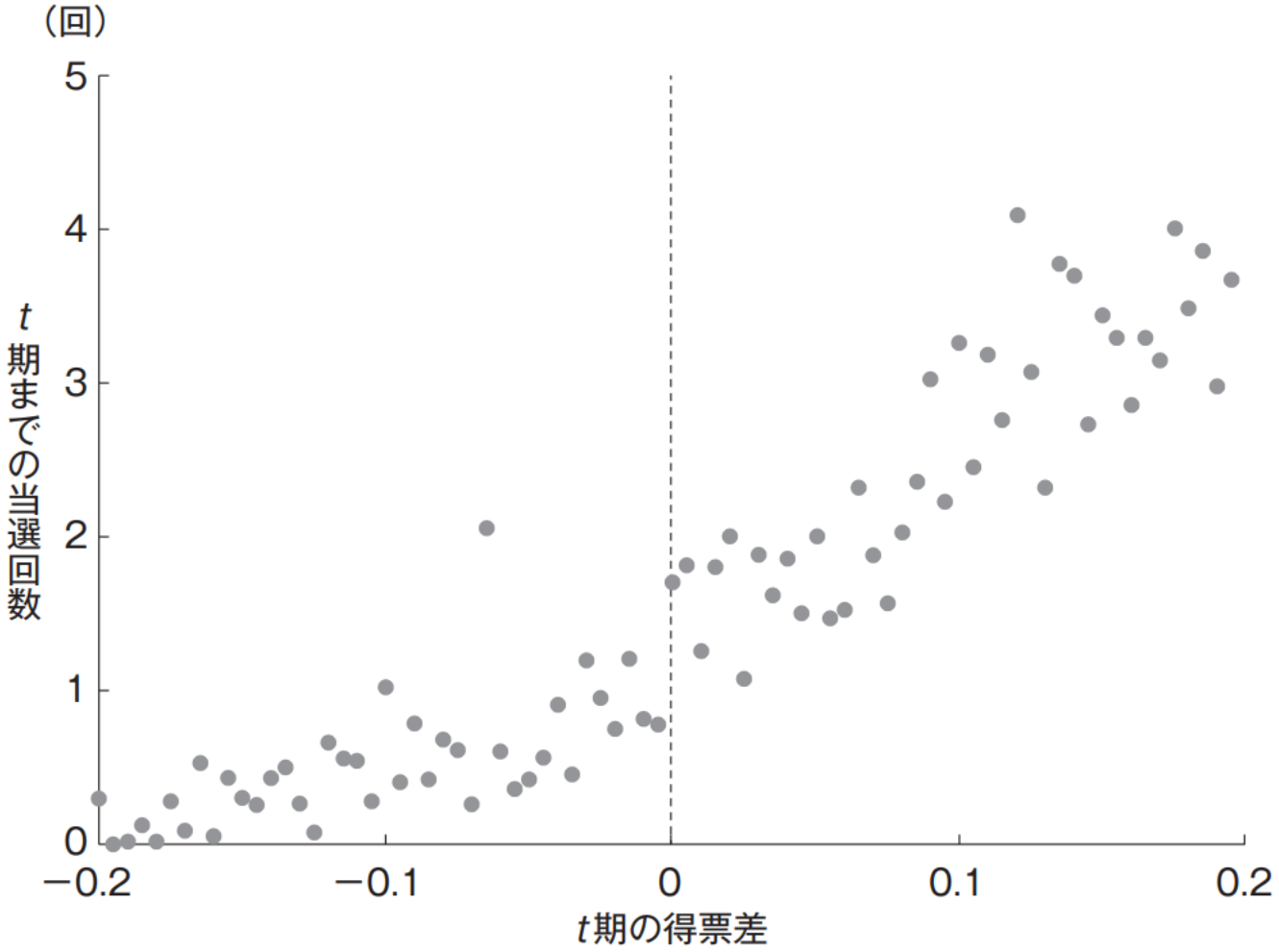


- 前提条件②

--- 閾値c付近で他要因が非連続的に変化しない

--- 過去の当選回数は非連続的か？

図14 - 7　過去の当選回数の連続性



事例2
医療費窓口負担の効果

- **医療費窓口負担の効果**

---窓口負担(70歳未満3割、70歳以上75歳未満2割、75歳以上1割)

---高齢者の窓口負担を引き上げると、医療費抑制、健康に有害？

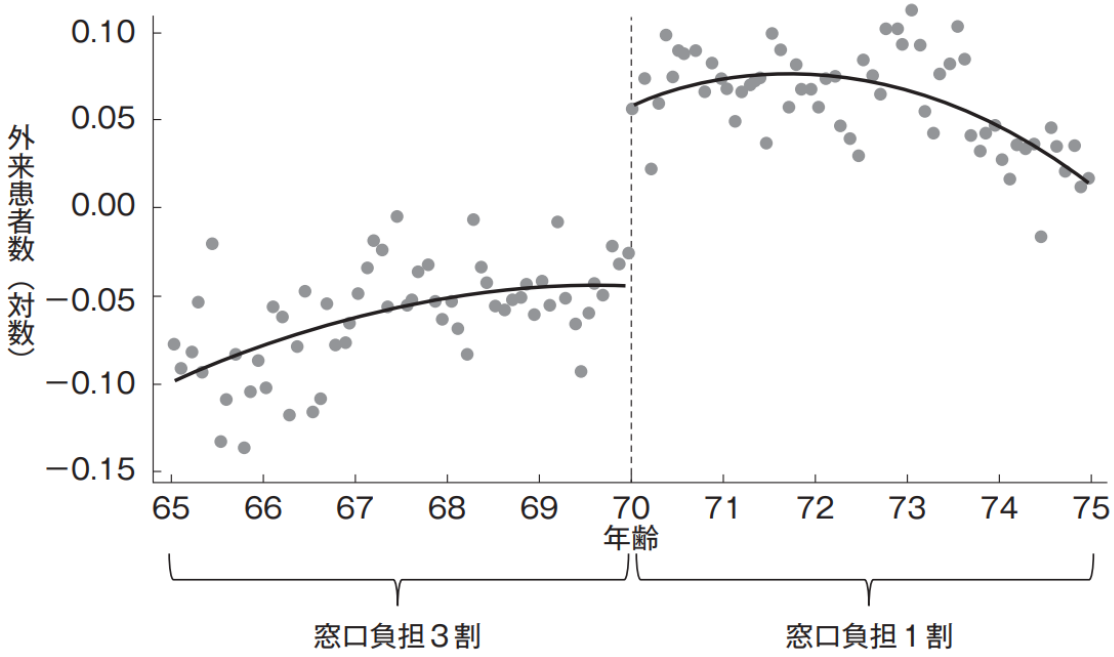
---2014年以前(70歳未満3割、70歳以上1割)

69歳11カ月、70歳を比較すれば窓口負担の効果がわかる

--- X_i：窓口負担が3割から1割に減少したら1になる

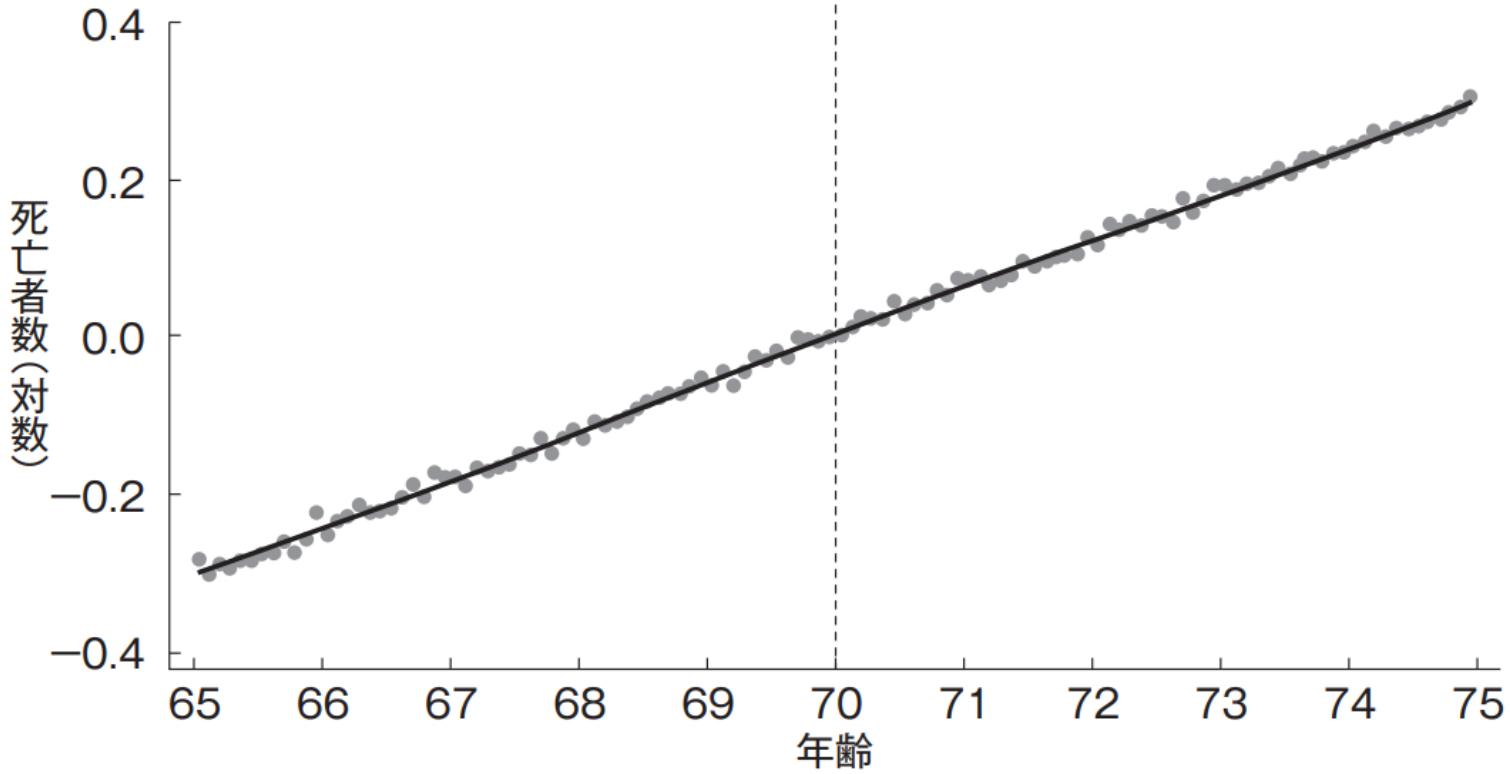
W_i: 月年齢、$c = 70$歳0か月

図14 - 8　外来患者数と年齢



医療サービスが増えると死亡率は減少するのか？

図14 - 9　死亡者数と年齢



窓口負担が3割から1割に減少することで、外来患者数は増えたがとくに健康に良い影響はなかった

条件①：個人iは割当変数W_iを正確に操作できない

---窓口で保険証を提示するため、月年齢をごまかすことはできない

条件②：閾値c付近で他要因が非連続的に変化しない

--- 年金支給は70歳からではない（2014年以前）

--- 就業率は70歳を境に変化していない

ファジーな回帰不連続デザイン

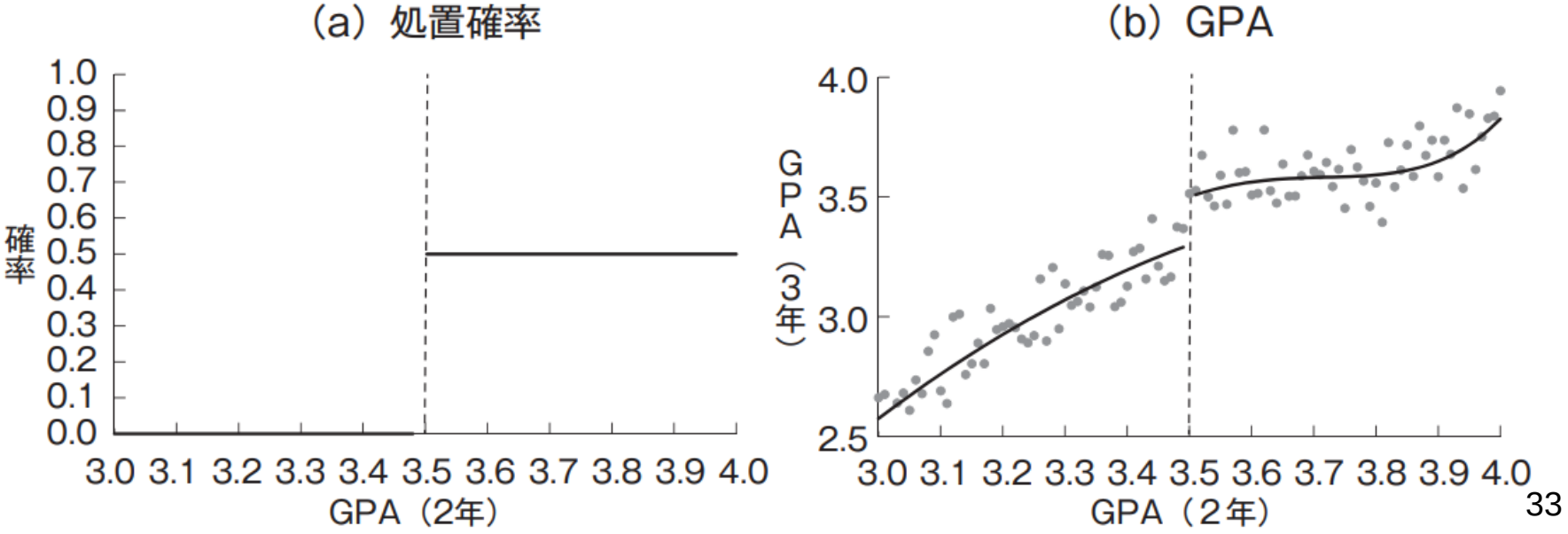
処置確率は、割当変数W_iが既知の閾値cを超えると、
非連続的に変化するが、0から1の変化ではない

例(奨学金)

--- 2年次のGPA (W_i)が3.5 (c)を超えると奨学金の受給資格がある

--- 予算制約からランダムに選ばれた半数に奨学金が与えられる

--- 処置効果 = 閾値でのYの変化÷確率の変化 (0.2/0.5=0.4)



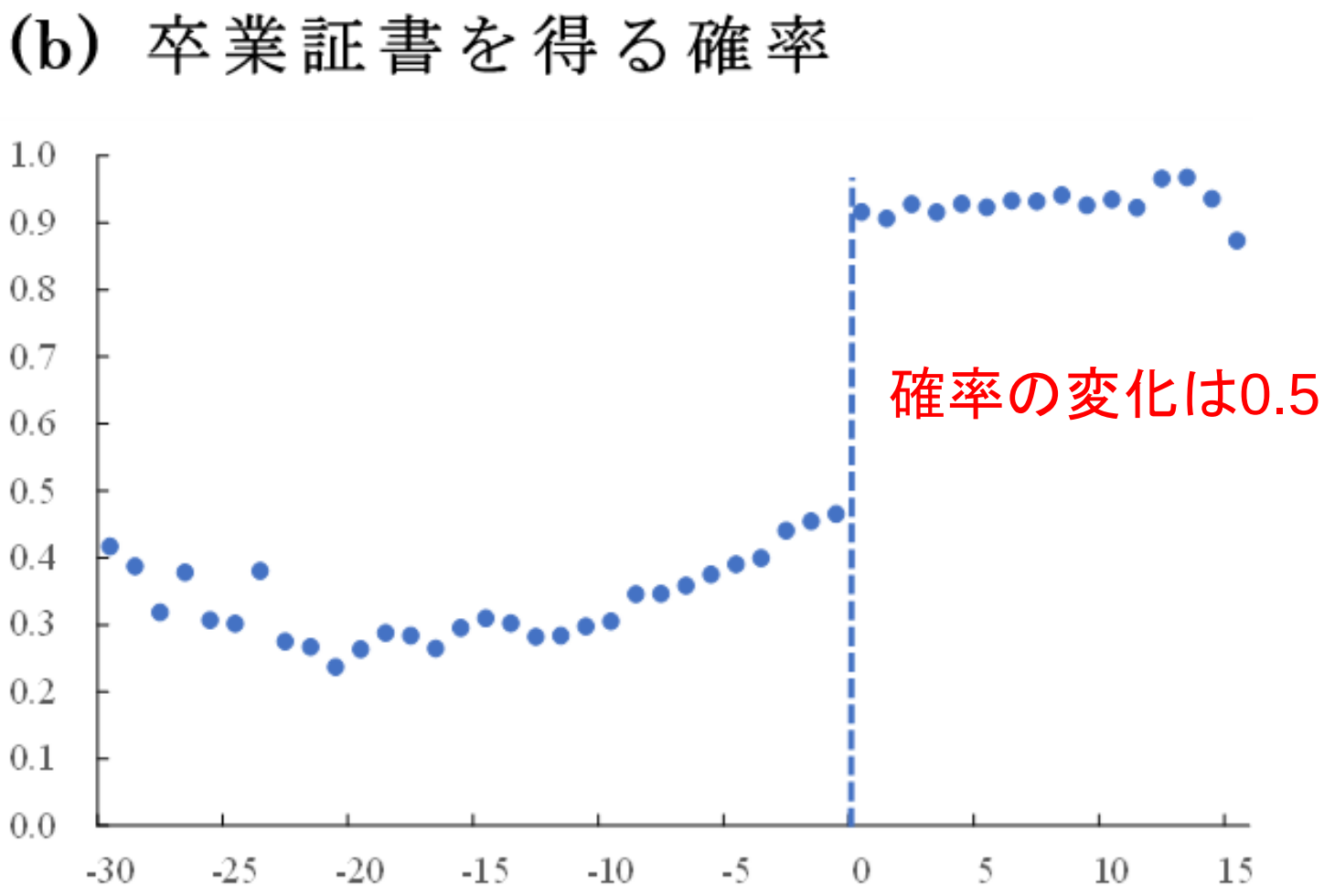
例) 卒業証書の所得への効果

--- 教育水準が上がると所得は増加する

--- 人的資本理論:教育により人的資本を蓄積し、所得増となる

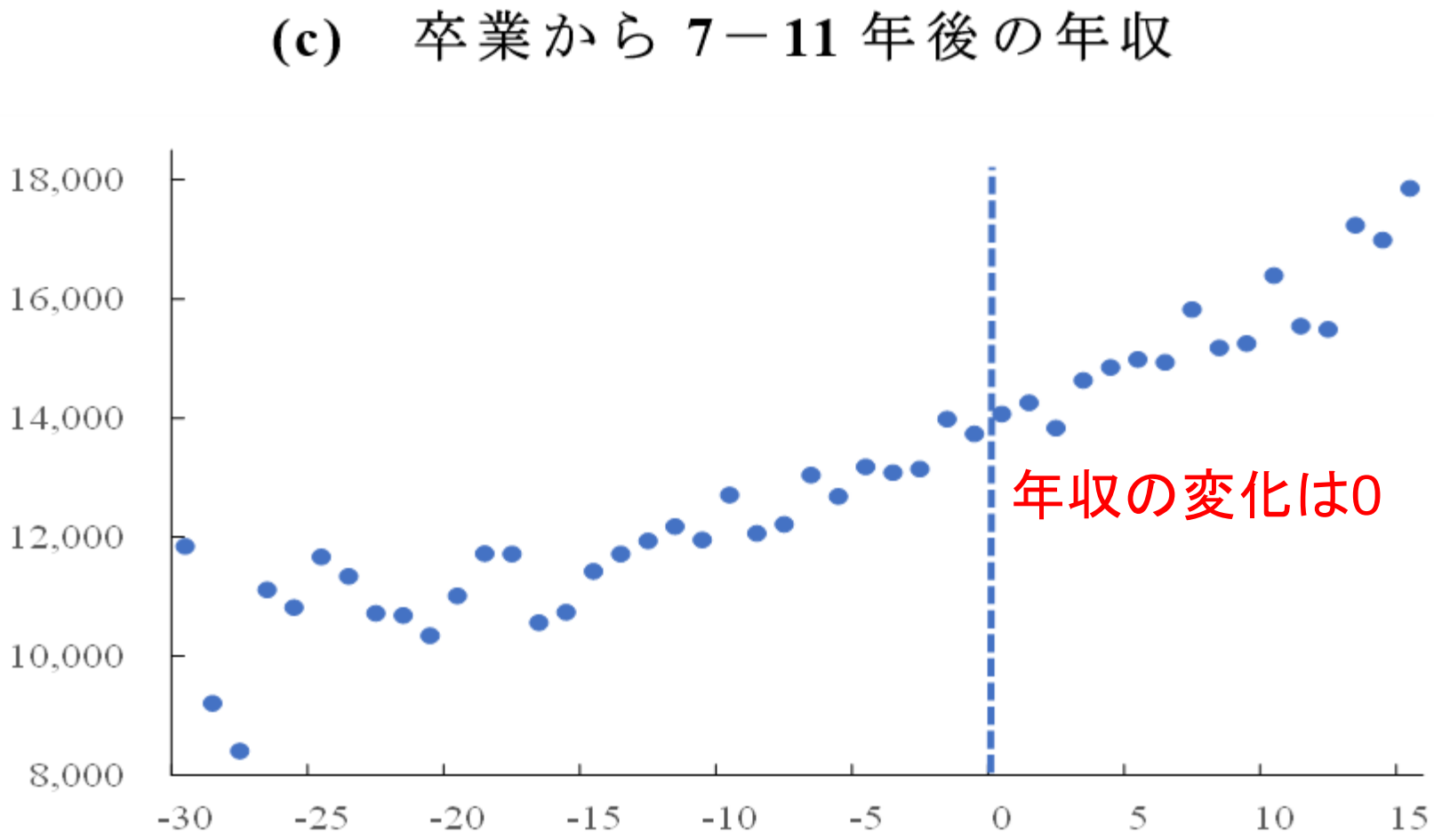
--- シグナリング理論: 教育には何の効果もないが、
卒業によって自己能力の高さを外部（企業）に知らせる

--- 米国テキサス州では、高校卒業資格試験がある
高校1年春もしくは高校2年秋に最初の試験
不合格なら再試験、在学中最後の試験は高校3年夏



高校3年の点数－合格基準点
(高校卒業資格試験)

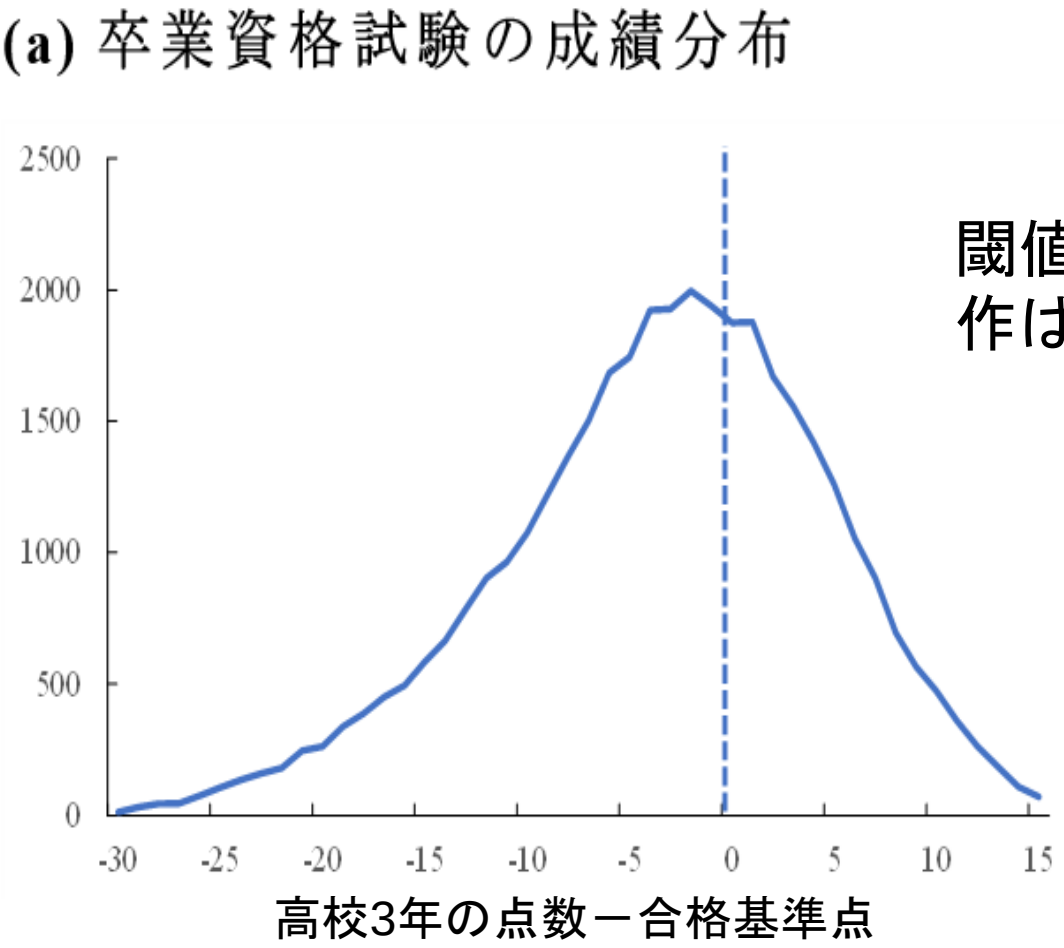
- 卒業証書の所得への効果



--- 処置効果は0÷0.5=0 (卒業証書は年収に効果をもっていない)

シグナリング理論は支持されない、人的資本理論と整合的

条件①：個人iは割当変数W_iを正確に操作できない



閾値近辺で点数の操作はなさそう

まとめ

- プログラム評価
- ランダム化比較実験
- 自然実験
  - 差の差分析
  - 回帰不連続デザイン