

5. 개관 및 인과관계

정치와데이터분석

박상훈 (sh.park.poli@gmail.com)
강원대학교

개관

주요 질문

인과관계(Causality)

- 최저임금 인상이 실업률을 증가시키는가?
- 인종이 고용 전망에 영향을 미치는가?

예측(Prediction)

- 선거 결과를 어떻게 예측할 수 있는가?

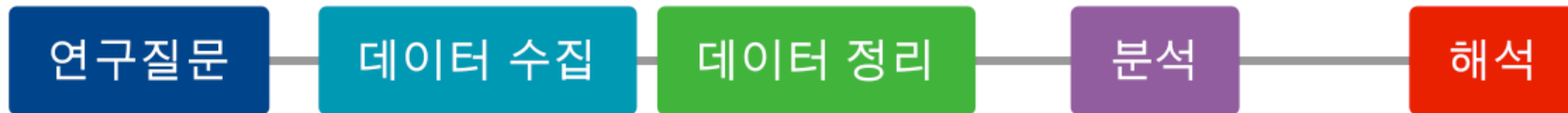
측정(Measurement)

- 민주주의를 어떻게 수치로 측정할 수 있는가?

개관

데이터 분석의 흐름

연구질문에서 출발하여 데이터를 수집, 정리, 분석하고, 그 결과를 해석하는 일련의 과정



개관

관찰 vs. 데이터

세상의 모든 현상은 관찰 가능하지만, 체계적 분석을 위해서는 **구조화된 데이터(structured data)**가 필요함

- 행(row)은 관측 단위(unit of observation)를 나타냄
- 열(column)은 변수(variable)를 나타냄
- 각 셀(cell)은 특정 관측 단위에서 측정된 변수의 값(value)

국가	GDP	민주주의점수	인구
한국	1.8	8.0	51.7
일본	4.9	8.0	125.1
미국	25.5	7.9	331.9

개관

변수의 유형

양적 변수(Quantitative Variable)

- 수치로 측정되며, 산술 연산이 의미를 가짐
- 예: GDP, 투표율, 인구수

질적 변수(Qualitative / Categorical Variable)

- 범주로 구분되며, 수치적 연산이 의미 없음
- 예: 정당, 성별, 지역

변수의 유형에 따라 적용 가능한 통계 기법이 달라짐

개관

분석의 세 가지 유형 (Imai 2017)

1. 인과추론(Causal Inference)

- X가 Y에 미치는 인과적 효과를 식별하는 것이 목적

2. 예측(Prediction)

- 새로운 관측치에 대한 결과를 예측하는 것이 목적

3. 기술(Description)

- 데이터의 패턴과 특성을 요약하고 시각화하는 것이 목적

인과관계

인과추론이란

인과추론(Causal Inference)이란 특정 처치(treatment)나 개입(intervention)이 결과에 미치는 인과적 효과를 식별하는 작업

- "최저임금 인상이 실업률을 높이는가?"
- "인종이 고용 전망에 영향을 미치는가?"
- "여성 의원 할당이 정책 결과를 변화시키는가?"

인과추론은 단순한 상관관계(correlation)를 넘어, **처치가 결과를 변화시키는 메커니즘**을 밝히는 것

인과관계

상관관계 ≠ 인과관계

상관관계(Correlation): 두 변수가 함께 변하는 경향

인과관계(Causation): 한 변수의 변화가 다른 변수의 변화를 야기함

아이스크림 판매량과 익사 사고 건수는 양의 상관관계를 보이지만, 아이스크림이 익사를 유발하는 것은 아님. 여름이라는 공통 원인(기온)이 두 변수에 동시에 영향을 미치기 때문.

"조작 없이는 인과관계 없다(No causation without manipulation)" (Holland 1986)

인과관계

인과적 질문의 예시

질문	처치	결과
최저임금 인상은 실업률을 높이는가?	최저임금 인상	고용 수준
인종이 고용에 영향을 미치는가?	이력서의 이름(인종)	면접 콜백 비율
민주주의가 경제성장을 촉진하는가?	민주주의 체제	1인당 GDP 성장률
사회적 압력이 투표율을 높이는가?	이웃 투표 정보 공개	투표 참여 여부

모든 인과적 질문은 **처치(X)가 결과(Y)에 미치는 효과**를 묻고 있음

인과관계

반사실적 사고(Counterfactual Thinking)

인과효과를 정의하려면 **반사실적(counterfactual)** 사고가 필요함

"최저임금이 인상되었고, 그 후 실업률이 상승하였다"

→ 여기서 인과효과를 주장하려면 다음 질문에 답해야 함:

"만약 최저임금이 인상되지 않았다면, 실업률은 어떠했을까?"

이처럼 실제로 일어난 사실(factual)과 일어나지 않은 가상의 상황(counterfactual)을 비교하는 것이 인과추론의 핵심

인과관계

잠재적 결과 프레임워크(Potential Outcomes Framework)

각 개체 i 에 대해 두 가지 잠재적 결과가 존재함

- $Y_i(1)$: 개체 i 가 처치를 **받았을 때**의 결과
- $Y_i(0)$: 개체 i 가 처치를 **받지 않았을 때**의 결과

개체 i 에 대한 인과효과(Individual Causal Effect):

$$\tau_i = Y_i(1) - Y_i(0)$$

예: Jamal이 취업에 지원하여 불합격하였음. 만약 Jamal이 백인이었다면 합격했을까?

- $Y_i(1)$: 흑인 이름으로 지원한 결과
- $Y_i(0)$: 백인 이름으로 지원했을 때의 (반사실적) 결과

인과관계

인과추론의 근본 문제

동일한 개체에 대해 처치를 받은 결과와 받지 않은 결과를 **동시에** 관찰하는 것은 불가능함.

개체	Y(1): 처치 결과	Y(0): 통제 결과	개체 인과효과
A	관찰됨	?	?
B	?	관찰됨	?
C	관찰됨	?	?

반사실적 결과는 관찰될 수 없으므로, **반드시 추론(infer)**해야 함

인과관계

인과추론 문제의 해결: 비교를 통한 접근

개체 수준의 인과효과를 직접 관찰할 수 없으므로, **집단 수준**의 비교를 통해 **평균적 인과효과**를 추정함

처치 집단(treatment group)과 통제 집단(control group)의 **평균 결과를 비교**

그런데 이 비교가 인과효과를 반영하려면, 두 집단이 **처치 여부를 제외하고 동일**해야 함

→ 이 조건을 어떻게 충족시킬 것인가?

인과관계

무작위 실험

무작위 실험의 논리

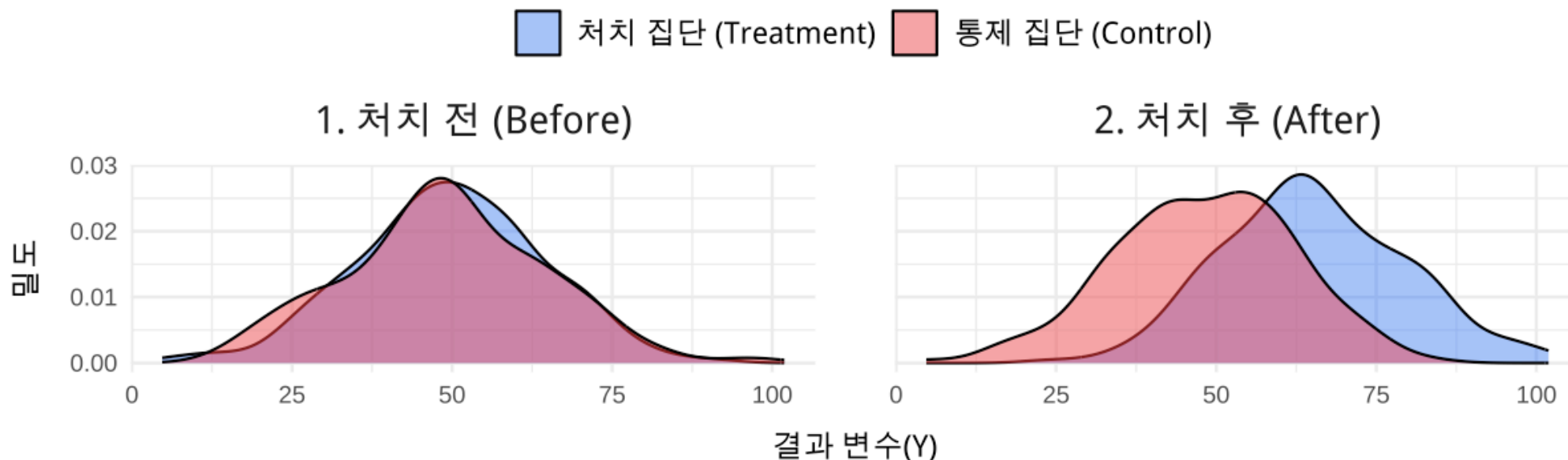
무작위 실험(RCT, Randomized Controlled Trial) 은 인과추론의 근본 문제를 해결하는 "황금 기준(gold standard)"

- 처치 여부를 **무작위(random)** 로 배정함
- 무작위 배정은 처치 집단과 통제 집단을 **평균적으로 동일하게** 만듦
- 관찰 가능한 특성뿐만 아니라, **관찰 불가능한 특성**에서도 두 집단이 균형을 이룸
- 따라서 두 집단 간 결과의 차이를 **처치의 인과효과**로 해석할 수 있음

인과관계

무작위 실험

처치 집단과 통제 집단



무작위 배정 덕분에 두 집단은 처치 전 특성이 동일하므로, 처치 후 결과의 차이를 인과효과로 해석 가능

인과관계

무작위 실험

표본 평균 처치효과(SATE)

표본 평균 처치효과(Sample Average Treatment Effect, SATE)

$$\text{SATE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Y_i(1) - Y_i(0)]$$

SATE는 직접 계산할 수 없지만, 무작위 배정 하에서 **평균차 추정량(Difference-in-Means Estimator)** 으로 추정 가능함:

$$\widehat{\text{SATE}} = \bar{Y}_{\text{treatment}} - \bar{Y}_{\text{control}} = \frac{1}{n_1} \sum_{i:T_i=1} Y_i - \frac{1}{n_0} \sum_{i:T_i=0} Y_i$$

인과관계

무작위 실험

왜 무작위 배정이 작동하는가

무작위 배정의 핵심 속성: **처치 변수가 다른 어떤 변수와도 상관되지 않음**

- 처치 집단과 통제 집단이 나이, 성별, 소득, 교육 수준 등 관찰 가능한 특성에서 균형을 이룸
- 나아가 동기, 능력, 건강 상태 등 **관찰 불가능한 특성**에서도 균형을 이룸

따라서 두 집단 간 결과의 차이는 오직 **처치(treatment)**에 의해서만 발생한 것으로 해석할 수 있음

인과관계

무작위 실험

사례 1: 사회적 압력과 투표율 (Gerber, Green, and Larimer 2008)

2006년 미시간 주(州) 예비선거에서 실시된 대규모 RCT

- 약 34만 가구에 무작위로 다른 메시지가 담긴 엽서를 발송
- **통제 집단**: 아무 메시지 없음
- **시민의 의무(Civic Duty)**: 투표는 시민의 의무
- **호손 효과(Hawthorne)**: 당신의 투표 여부가 관찰되고 있음
- **이웃 사회적 압력(Neighbors)**: 당신과 이웃의 투표 기록이 공개됨

결과: 이웃 사회적 압력 집단의 투표율이 통제 집단 대비 **약 8.1%p** 증가

인과관계

무작위 실험

사례 1: 사회적 압력과 투표율

연구진은 단순히 엽서를 보낸 것이 아니라, **사회적 압력의 강도**를 무작위로 다르게 설계하여 '체면(Social Image)'이 투표에 미치는 영향을 측정

- **약한 압력 (시민의 의무):** "투표는 시민의 의무입니다"라는 일반적인 도덕성 호소 (전통적인 방식)
- **중간 압력 (호손 효과):** 본인의 과거 투표 기록 공개 + 연구진의 관찰 인지 → 평소보다 더 모범적으로 행동하게 유도
- **강한 압력 (이웃):** 본인과 이웃의 투표 기록을 나란히 공개 + 선거 후 업데이트 예고 → 강력한 사회적 수치심 유발

인과관계

무작위 실험

사례 1: 결과 요약

사람들을 투표장으로 이끄는 건 고상한 시민의식보다 **타인의 시선과 사회적 체면**이라는 가설을 RCT로 검증

처치집단	투표율 증가(vs. 통제)
통제(Control)	기준선
시민의 의무(Civic Duty)	+1.8%p
호손 효과(Hawthorne)	+2.6%p
이웃 압력(Neighbors)	+8.1%p

인과관계

무작위 실험

사례 1: 결과 요약

이 결과가 인과적으로 해석될 수 있는 이유는 **무작위 배정** 덕분

처치 집단과 통제 집단이 인구학적 특성에서 균형을 이루고 있으므로, 투표율 차이는 메시지의 효과로 귀결됨

인과관계

무작위 실험

사례 2: 동성결혼에 대한 태도 변화

2013년 LA에서 실시된 RCT (LaCour and Green 2014, 이후 재현 실패)

연구 설계:

- 동성 또는 이성 캔버서(canvasser)가 가정을 방문하여 20분간 대화
- 동성결혼 스크립트 또는 재활용 스크립트(위약, placebo) 무작위 배정
- 2×2 요인 설계(factorial design): 캔버서 유형 \times 스크립트 유형

인과관계

무작위 실험

사례 2: 동성결혼에 대한 태도 변화

2013년 LA에서 실시된 RCT (LaCour and Green 2014, 이후 재현 실패)

위약 효과(Placebo Effect): 실제 처치가 아님에도, 처치를 받았다는 기대만으로 결과가 변하는 현상

호손 효과(Hawthorne Effect): 연구 대상이라는 사실 자체가 행동을 변화시키는 현상

인과관계

무작위 실험

이중 맹검 실험(Double-Blind Experiment)

위약 효과와 호손 효과를 통제하기 위해 **이중 맹검(double-blind)** 설계를 사용함

- **단일 맹검(single-blind)**: 실험 참여자가 자신이 처치 집단인지 통제 집단인지 알지 못함
- **이중 맹검(double-blind)**: 실험 참여자뿐 아니라 연구자도 누가 어떤 집단에 속하는지 알지 못함

이러한 설계는 의약품 임상시험의 표준이며, 사회과학에서도 점점 더 많이 채택되고 있음

인과관계

무작위 실험

사례 3: 여성 할당과 정책 변화 (Chattopadhyay and Duflo 2004)

인도 마을 의회(Panchayat)에서의 RCT

- 인도 법률에 따라 일부 마을 의회 의장 자리가 여성에게 **무작위로** 할당(reserved)됨
- 여성 할당 마을과 비할당 마을의 **식수 시설 수**를 비교

결과:

- 비할당 마을: 평균 14.74개
- 여성 할당 마을: 평균 23.99개
- **평균 처치효과**: 약 9.25개 증가

무작위 배정이므로, 이 차이는 여성 의장 할당의 **인과효과**로 해석 가능

인과관계

무작위 실험

사례 4: 이력서 실험 (Bertrand and Mullainathan 2004)

이력서 실험으로 인종과 고용 차별 분석

- 동일한 이력서에 "백인으로 인식되는 이름"(Emily, Greg)과 "흑인으로 인식되는 이름"(Lakisha, Jamal)을 무작위 배정
- 결과 변수: 면접 콜백(callback) 여부

인과관계

무작위 실험

사례 4: 이력서 실험 (Bertrand and Mullainathan 2004)

이력서 실험으로 인종과 고용 차별 분석

결과:

- 백인 이름: 약 9.7% 콜백률
- 흑인 이름: 약 6.4% 콜백률
- **차이**: 약 3.2%p → 백인 이름이 50% 더 높은 콜백률

이력서의 내용이 동일하므로, 이 차이는 이름(인종)에 의한 **차별의 인과효과**

 연구 사례 분석

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

"The Hijab Penalty: Feminist Backlash to Muslim Immigrants"

***American Journal of Political Science* 67(2): 291-306.**

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

연구질문

왜 유럽 원주민(native)은 무슬림 이민자를 차별하는가?

원주민과 이민자 사이의 **공유된 규범(shared ideas)** 은 차별을 줄일 수 있는가?

이론적 주장

원주민의 무슬림에 대한 편견은 "무슬림이 여성의 권리에 대해 보수적 태도를 지닌다"는 **고정관념(stereotype)** 에 의해 형성되며, 이러한 관념적 기반의 차별은 **원주민 여성**에게서 더 두드러짐.

연구 설계

독일 25개 도시의 기차역에서 3,797명의 무지한 행인(unknowing bystanders)을 대상으로 한 **대규모 현장 실험(large-scale field experiment)**

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

실험 설계

실험은 4단계로 구성됨

1단계: 여성 실험협력자(confederate)가 기차역 벤치에 접근하여 행인의 주의를 끄

2단계: 전화를 받아 독일어로 대화하며, 스크립트에 따라 **성 역할에 대한 태도**를 드러냄

3단계: 전화 직후 들고 있던 가방이 찢어져 레몬이 승강장에 흩어짐

4단계: 팀원이 행인이 레몬 줍기를 **도와주었는지 여부(helping behavior)**를 기록함

종속변수(Y): 행인이 실험협력자를 도와주었는지 여부 (이진 변수: 도움 = 1, 비도움 = 0)

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

실험적 조작(Experimental Manipulations)

조건	민족(Ethnicity)	종교적 상징	성 역할 태도
1	이민자	히잡 착용	진보적
2	이민자	히잡 착용	보수적
3	이민자	히잡 착용	중립
4	이민자	히잡 미착용	진보적
5	이민자	히잡 미착용	보수적
6	이민자	히잡 미착용	중립
7	원주민 독일인	—	진보적
8	원주민 독일인	—	보수적
9	원주민 독일인	—	중립

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

실험적 조작(Experimental Manipulations)

3개 차원 × 3개 값 = **9개 처치 조건**의 요인 설계(factorial design)

- **차원 1**: 실험협력자의 인종/민족 (이민자 vs. 원주민)
- **차원 2**: 종교적 상징 (히잡 착용 vs. 미착용)
- **차원 3**: 전화 통화 내용 (진보적/보수적/중립 성 역할 태도)

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

이 실험에서 인과추론 개념 찾기

무작위 배정(Random Assignment)

- 각 실험 반복(iteration)에서 처치 조건이 무작위로 배정됨
- 따라서 행인의 특성(나이, 성별, 정치성향 등)이 처치 집단 간에 **평균적으로 균형을 이룸**

잠재적 결과 프레임워크

- $Y_i(1)$: 행인 i 가 히잡 착용 이민자에게 노출되었을 때의 도움 여부
- $Y_i(0)$: 행인 i 가 원주민 독일인에게 노출되었을 때의 도움 여부
- 동일한 행인에 대해 두 결과를 동시에 관찰할 수 없음 → **인과추론의 근본 문제**

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

이 실험에서 인과추론 개념 찾기

평균 처치효과(ATE)의 추정

- 히잡 착용 이민자 조건의 도움률: **67.6%**
- 원주민 독일인 조건의 도움률: **76.0%**
- **차이**: $76.0 - 67.6 = 8.4\%$ $p (p = 0.001) \rightarrow$ 히잡 착용 무슬림 여성에 대한 유의미한 차별

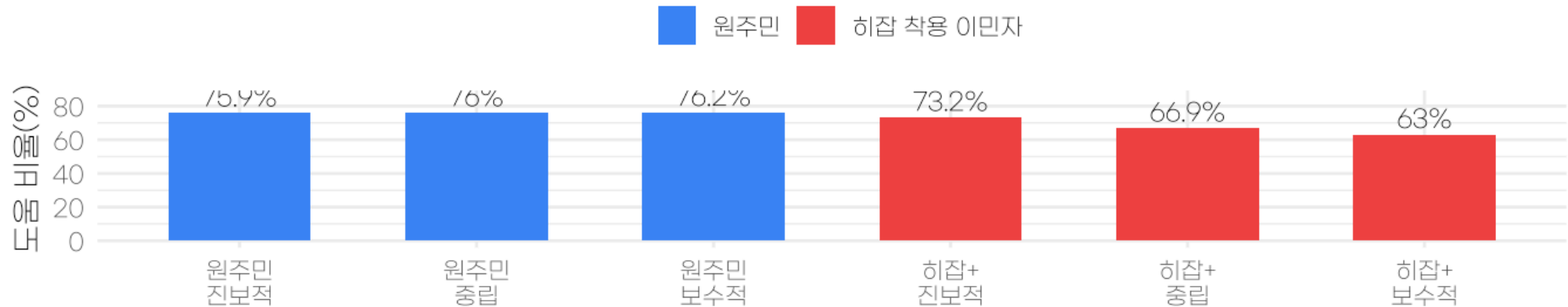
위약 효과(Placebo)의 통제

- "중립(neutral)" 조건은 성 역할과 무관한 일상적 대화를 포함하는 **위약(placebo)** 역할
- 히잡이 없는 이민자 조건은 외모적 차이만을 분리하는 **통제 조건** 역할

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

핵심 결과: 진보적 태도의 상쇄 효과

처치 조건별 도움 비율 (%)



진보적 태도를 표현한 무슬림 여성(73.2%)에 대한 차별은 거의 사라짐 (원주민 75.9%와 유사)

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

이 실험에서 인과추론 개념 찾기

내적 타당성(Internal Validity)

- 무작위 배정 → 교란변수가 제거됨 → 높은 내적 타당성
- 현장 실험이므로 실험실 환경보다 자연스러운 행동을 관찰 가능
- **사회적 바람직성 편향(social desirability bias)**을 회피: 행인은 자신이 실험 대상인 줄 모름

외적 타당성(External Validity)

- 독일 3개 주, 25개 도시, 3,797명의 행인 → 상당한 외적 타당성
- 그러나 기차역이라는 특정 맥락에 한정됨: 직장, 학교, 주거지에서도 동일한 패턴이 나타나는가?
- 독일 이 다른 유럽 국가에 일반화할 수 있는가?

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

성별에 따른 이질적 처치효과(Heterogeneous Treatment Effects)

	여성 행인	남성 행인
히잡(진보) vs. 원주민	-3.1%p (n.s.)	-15.6%p **
히잡(보수) vs. 원주민	-14.5%p **	-13.4%p *
히잡(중립) vs. 원주민	-9.4%p †	-8.6%p (n.s.)

Note:

n.s. = 비유의, † $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

- **여성 행인**은 무슬림 여성이 진보적 태도를 표현하면 **차별을 중단**함 (성별 연대, Gender Solidarity)
- **남성 행인**은 진보적 메시지에 **반응하지 않음** → 히잡에 대한 편견이 성 역할 규범과 무관한 다른 원천에서 기인할 가능성

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

퀴즈

Q1. 이 연구에서 "처치(treatment)"와 "결과(outcome)"는 각각 무엇인가? 또한 이 연구의 분석단위(unit of analysis)는 무엇인가?

A1.

- **처치:** 실험협력자의 민족(이민자/원주민), 종교적 상징(히잡 유무), 성 역할 태도(진보/보수/중립)의 조합
- **결과:** 행인이 레몬즙기를 도와주었는지 여부 (도움 행동, helping behavior)
- **분석단위:** 개별 실험 반복(iteration) 또는 개별 행인(bystander)

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

퀴즈

Q2. 이 연구가 서베이나 관찰 연구 대신 현장 실험(field experiment)을 선택한 이유는 무엇인가? 이 선택이 해결하려는 구체적인 편향(bias)의 유형을 설명하시오.

A2. 이민과 소수자 차별이라는 민감한 주제에서 서베이를 사용하면 사회적 바람직성 편향(social desirability bias)이 발생할 가능성이 높음.

- 응답자들은 자신이 차별적이지 않다고 답하는 경향이 있기 때문. 현장 실험은 행인이 자신이 관찰되고 있다는 사실을 인지하지 못하므로, **호손 효과(Hawthorne effect)**와 사회적 바람직성 편향을 모두 회피할 수 있음.
- 또한 처치가 무작위로 배정되므로 **교란변수(confounders)**에 의한 편향도 제거됨.

Choi, Poertner, and Sambanis (2023)

퀴즈

Q3. 이 실험에서 "중립(neutral)" 조건은 어떤 역할을 하며, 이를 인과추론의 어떤 개념과 연결할 수 있는가? 또한 히잡 착용 이민자의 중립 조건 도움률(66.9%)이 원주민 중립 조건(76.0%)보다 낮다는 결과는 무엇을 의미하는가?

A3. 중립 조건은 성 역할과 무관한 일상적 대화를 포함하는 위약(placebo)/통제 조건의 역할을 함. 이를 통해 성 역할 태도의 효과를 분리할 수 있음.

- 히잡 착용 이민자의 중립 조건(66.9%)이 원주민(76.0%)보다 낮다는 것은, 행인들이 히잡 자체에 대해 **부정적 사전 고정관념(negative prior stereotypes)** 을 가지고 있으며, 성 역할에 대한 정보가 없을 때 이 고정관념이 활성화되어 차별이 발생함을 의미함.
- 이는 **선택 편향(selection bias)**이 아닌 **고정관념에 의한 편향**이라는 점에서, 무작위 실험이 편향의 **원천(source)**을 식별하는 데 기여하고 있음을 보여줌.

인과관계

무작위 실험

RCT의 한계

윤리적 제약: 흡연의 효과를 알기 위해 사람들에게 흡연을 강제할 수 없음

현실적 제약: 민주주의의 효과를 알기 위해 국가의 정치체제를 무작위로 바꿀 수 없음

외적 타당성(External Validity): 실험 환경의 결과가 현실 세계에 일반화될 수 있는지 불확실함

이러한 한계로 인해, 많은 사회과학 연구는 **관찰 연구(Observational Study)**에 의존함

인과관계

관찰 연구

관찰 연구란

관찰 연구(Observational Study): 연구자가 처치를 직접 배정하지 않고, 자연적으로 발생한 처치를 관찰하는 연구

- 흡연과 폐암의 관계
- 성별과 임금의 관계
- 사형제도와 범죄율의 관계

장점: 현실 세계의 데이터를 사용하므로 **외적 타당성**이 높음

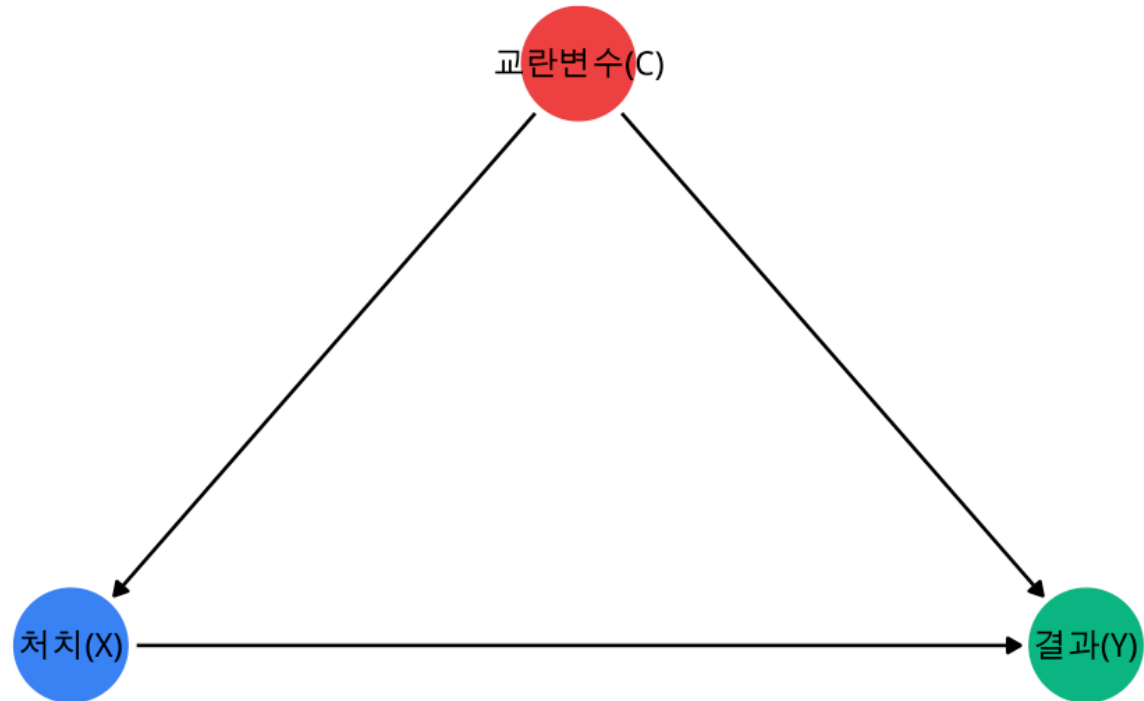
단점: 처치가 무작위로 배정되지 않으므로 **내적 타당성**이 약함

인과관계

관찰 연구

관찰 연구의 핵심 문제: 교란변수

**교란변수(Confounder/
Confounding Variable):**
처치(X)와 결과(Y) **모두에** 영향을
미치는 제3의 변수



인과관계

관찰 연구

교란변수의 예시

현직 효과(Incumbency Effect)

- 질문: 현직 의원이 재선에 유리한가?
- 교란변수: 현직 의원은 선거 자금(campaign donations)도 더 많이 받음
- 선거 자금이 재선과 현직 모두에 영향을 미치므로, 단순 비교는 편향됨

민주주의와 평화

- 질문: 민주주의 국가가 더 평화로운가?
- 교란변수: 민주주의 국가는 더 부유한 경향이 있으며, 부유한 국가가 더 평화로울 수 있음

인과관계

관찰 연구

선택 편향(Selection Bias)

선택 편향: 처치 집단과 통제 집단이 **직접 비교 가능하지 않을 때** 발생하는 편향

- 관찰 연구에서는 개체들이 처치에 **자기 선택(self-selection)**하는 경우가 흔함
- 자기 선택한 개체들은 그렇지 않은 개체들과 관찰 가능/불가능한 특성이 다를 수 있음

예시: 대학 교육의 임금 효과

- 대학에 진학한 사람들은 진학하지 않은 사람들보다 이미 능력이나 동기가 높을 수 있음
- 따라서 대졸자의 높은 임금이 대학 교육의 효과인지, 선택 편향인지 구분하기 어려움

인과관계

관찰 연구

비교불가능성(Incomparability)의 문제

무작위 실험에서는 처치 배정이 다른 변수와 무관하므로 두 집단이 비교 가능함

관찰 연구에서는 처치가 사전 특성(pre-treatment characteristics)과 연관되어 있으므로, 단순 비교가 인과효과를 반영하지 못함

$$\underbrace{\bar{Y}_{\text{treatment}} - \bar{Y}_{\text{control}}}_{\text{관찰된 차이}} = \underbrace{\text{인과효과}}_{\text{알고 싶은 것}} + \underbrace{\text{선택 편향}}_{\text{제거해야 할 것}}$$

인과관계

관찰 연구

비혼동성 가정(Unconfoundedness Assumption)

관찰 연구에서 인과추론이 가능하려면 **비혼동성 가정**이 충족되어야 함

처치 집단과 통제 집단이 **처치 여부를 제외한 모든 측면에서 비교 가능**하다는 가정

이 가정을 충족시키기 위한 전략

- **통계적 통제(Statistical Control)**: 교란변수를 모형에 포함하여 그 영향을 제거
- **매칭(Matching)**: 처치 집단과 유사한 특성을 가진 통제 집단을 구성
- **준실험적 설계(Quasi-Experimental Design)**: 자연실험적 상황을 활용

인과관계

식별 전략

횡단면 비교(Cross-Section Comparison)

처치 집단과 통제 집단을 처치 이후 시점에서 비교하는 방법

- **가정:** 두 집단이 사전에 비교 가능함
- **문제점:** 단위별 고유 특성(unit-specific confounders)에 의한 편향 가능

예시: 최저임금 인상 후 뉴저지(처치)와 펜실베이니아(통제)의 고용을 비교

- 뉴저지와 펜실베이니아가 최저임금 인상 이전에 동일한 고용 구조를 가지고 있었는가?

인과관계

식별 전략

사전-사후 비교(Before-and-After Comparison)

동일한 단위를 처치 전후로 비교하는 방법

- **가정:** 시간에 따른 교란 요인(time-varying confounders)이 없음
- **문제점:** 처치와 무관하게 시간에 따라 결과가 변했을 가능성

예시: 뉴저지의 최저임금 인상 전후 고용 변화

- 고용 변화가 최저임금 때문인지, 경기 순환 때문인지 구분하기 어려움

인과관계

식별 전략

이중차분법(Difference-in-Differences, DiD)

횡단면 비교와 사전-사후 비교를 **결합**하여, 양쪽의 약점을 보완하는 방법

$$\text{DiD} = \left(\bar{Y}_{\text{treat}}^{\text{after}} - \bar{Y}_{\text{treat}}^{\text{before}} \right) - \left(\bar{Y}_{\text{control}}^{\text{after}} - \bar{Y}_{\text{control}}^{\text{before}} \right)$$

- 첫 번째 차분: 각 집단의 시간에 따른 변화를 계산 → 단위 고유 특성 제거
- 두 번째 차분: 두 집단의 시간 변화를 비교 → 공통 시간 추세 제거

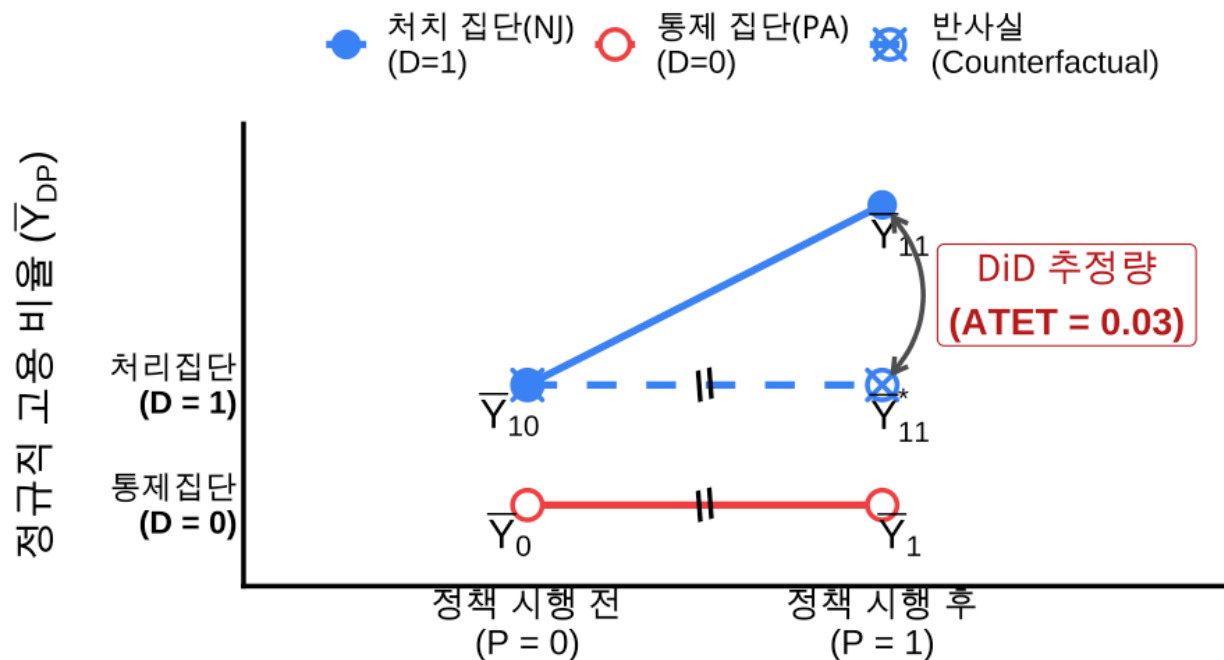
인과관계

식별 전략

DiD의 핵심 가정: 병행 추세

병행 추세 가정(Parallel Trends Assumption)

- 처치가 없었다면, 처치 집단과 통제 집단의 결과 추세가 동일했을 것이라는 가정



인과관계

식별 전략

DiD 사례: 최저임금과 고용

Card and Krueger (1994)

- 1992년 뉴저지주 최저임금이 \$4.25에서 \$5.05로 인상
- 인접한 펜실베이니아주는 \$4.25 유지
- 두 주의 패스트푸드 체인 고용 데이터를 비교

	사전(Before)	사후(After)	변화량
뉴저지(처치)	0.297	0.321	+0.024
펜실베이니아(통제)	0.310	0.272	-0.038
차이	-0.013	0.049	0.062 (DiD)

- 최저임금 인상이 고용을 **감소시키지 않았다**는 결론

인과관계

식별 전략

DiD 사례: 지도자 암살과 민주화

Jones and Olken (2009)의 연구

- 지도자 암살 시도 사건을 수집하여, **성공한 암살**과 **실패한 암살**을 비교
- 성공/실패는 상당 부분 우연에 의해 결정되므로, 준무작위(quasi-random) 조건에 가까움

DiD 접근:

$$\text{DiD} = \left(\bar{Y}_{\text{success}}^{\text{after}} - \bar{Y}_{\text{success}}^{\text{before}} \right) - \left(\bar{Y}_{\text{fail}}^{\text{after}} - \bar{Y}_{\text{fail}}^{\text{before}} \right)$$

결과: 지도자 암살은 민주화나 전쟁 발생에 **통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않음**

인과관계

타당성

내적 타당성(Internal Validity)

내적 타당성: 연구 결과를 처치의 효과로 **자신 있게 귀결**시킬 수 있는 정도

- 무작위 실험은 교란변수를 제거하므로 **높은 내적 타당성**을 가짐
- 관찰 연구는 교란변수가 완전히 통제되지 않으므로 내적 타당성이 **상대적으로 약함**

내적 타당성을 위협하는 요인:

- 교란변수(confounders)
- 선택 편향(selection bias)
- 탈락 편향(attrition bias)

인과관계

타당성

외적 타당성(External Validity)

외적 타당성: 연구 결과가 **더 넓은 모집단이나 맥락**에 일반화될 수 있는 정도

- 관찰 연구는 현실 세계의 자연스러운 조건을 반영하므로 **높은 외적 타당성**을 가질 수 있음
- 무작위 실험은 인위적인 실험 환경이므로 외적 타당성이 **상대적으로 약할 수** 있음

	내적 타당성	외적 타당성
무작위 실험(RCT)	높음 ✓	낮을 수 있음 (인위적 환경)
관찰 연구	낮음 (교란변수 위험)	높음 ✓ (현실 반영)

인과관계

타당성

내적-외적 타당성의 상충

내적 타당성과 외적 타당성 사이에는 종종 **상충(trade-off)** 관계가 존재함

- 실험실에서 통제를 극대화하면(높은 내적 타당성) 현실과 괴리가 생김(낮은 외적 타당성)
- 현실 데이터를 그대로 분석하면(높은 외적 타당성) 교란 요인 통제가 어려움(낮은 내적 타당성)

좋은 연구설계는 이 두 가지 타당성 사이에서 **균형**을 찾는 것

요약

핵심 개념 정리

개념	설명
인과추론의 근본 문제	동일 개체에 대해 처치/비처치 결과를 동시에 관찰 불가
잠재적 결과 프레임워크	$Y(1)$ 과 $Y(0)$ 라는 두 잠재적 결과를 정의하여 인과효과를 수학적으로 표현
반사실적 사고	'만약 처치가 없었다면?'이라는 가상 상황과 실제를 비교
무작위 실험(RCT)	처치를 무작위로 배정하여 교란변수를 제거하는 황금 기준
선택 편향	처치/통제 집단이 사전 특성에서 다를 때 발생하는 편향
교란변수	처치와 결과 모두에 영향을 미치는 제3의 변수
이중차분법(DiD)	횡단면+사전사후 비교를 결합하여 단위 고유 및 시간 추세 편향을 제거
내적 타당성	결과를 처치 효과로 자신 있게 귀결시킬 수 있는 정도
외적 타당성	결과를 더 넓은 모집단/맥락에 일반화할 수 있는 정도

요약

인과추론의 핵심 교훈

1. 상관관계는 인과관계가 아님

관찰된 관계의 배후에 교란변수가 존재할 수 있음

2. 인과추론의 근본 문제는 반사실의 관찰 불가능성

이를 해결하기 위해 무작위 실험이나 준실험적 설계가 필요함

3. 무작위 실험은 인과추론의 황금 기준이지만 항상 가능하지는 않음

윤리적, 현실적 제약으로 인해 관찰 연구에 의존해야 하는 경우가 많음

4. 관찰 연구에서는 연구설계가 통계 기법보다 중요함

DiD, 매칭, 도구변수 등 식별 전략의 타당성이 핵심

요약

핵심 수식 정리

개체 인과효과:

$$\tau_i = Y_i(1) - Y_i(0)$$

표본 평균 처치효과(SATE):

$$\text{SATE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Y_i(1) - Y_i(0)]$$

요약

핵심 수식 정리

평균차 추정량(Difference-in-Means):

$$\widehat{\text{SATE}} = \frac{1}{n_1} \sum_{i:T_i=1} Y_i - \frac{1}{n_0} \sum_{i:T_i=0} Y_i$$




이중차분법(DiD):

$$\text{DiD} = \left(\bar{Y}_{\text{treat}}^{\text{after}} - \bar{Y}_{\text{treat}}^{\text{before}} \right) - \left(\bar{Y}_{\text{control}}^{\text{after}} - \bar{Y}_{\text{control}}^{\text{before}} \right)$$

감사합니다!

궁금한 것이 있으면 언제든지 연락하세요.

강사 연락처

연락처	박상훈
	sh.park.poli@gmail.com
	sanghoon-park.com/
	영상바이오관 405