

第6章 メタ分析

2017/05/31 M1 高野 了太

•1. メタ分析とは何か

1-1. 自己愛の高い人は健康的??

1-2. メタ分析とは?

1-3. メタ分析の手順

1-4. 岡田(2009)の例

•2. 実際に分析をやってみよう!

2-1. 岡田先生のエクセルファイル

2-2. せっかくだからRでも

2-3. 視覚的にメタ分析の結果を確認しよう

•1. メタ分析とは何か

1-1. 自己愛の高い人は健康的??

1-2. メタ分析とは?

1-3. メタ分析の手順

1-4. 岡田(2009)の例

•2. 実際に分析をやってみよう!

2-1. 岡田先生のエクセルファイル

2-2. せっかくだからRでも

2-3. 視覚的にメタ分析の結果を確認しよう

1-1. 自己愛の高い人は健康的??

表 6-1 自己愛と抑うつとの関連についての研究例

研究	標本サイズ	相関係数	抑うつを測定する尺度
1 Sedikides 他 (2004) 研究 1	149	-.18*	CES-D (Radloff, 1977)
2 *	149	-.13†	BDI (Beck, 1967)
3 Sedikides 他 (2004) 研究 4	154	-.25**	CES-D (Radloff, 1977)
4 *	154	-.25**	BDI (Beck, 1967)
5 Sedikides 他 (2004) 研究 5	155	-.23**	HADS (Zigmond & Snaith, 1982)
6 Sinha & Krueger (1998)	89	-.10	BDI (Beck, 1967)
7 Wright 他 (1989)	100	-.10	SDS (Zung, 1965)
8 Watson 他 (1988)	166	-.11	SDA (Costello & Comrey, 1967)

(注) † : $p < .10$, * : $p < .05$, ** : $p < .01$

岡田(2017)「計量パーソナリティ分析」 p.95 表6-1より


👉 有意の研究が5個もあるし.....?

👉 でもサンプルサイズは考えなくて良いの??

👉 「関連があるか」ではなく、「どの程度の関連か」に関心

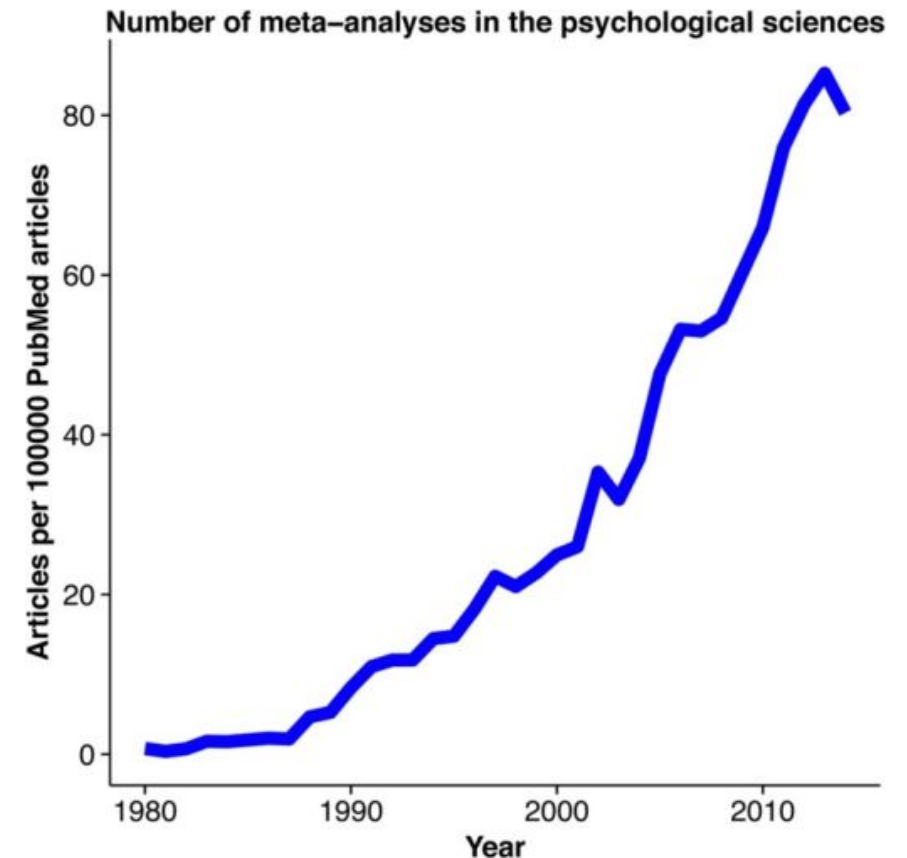
1-2. メタ分析とは？

- 同様の仮説下の研究間で結果が一貫していない。
- 個人差が大きい, サンプルサイズが小さい(実施上の制約から)などの理由から, 結果の一般化が難しい。

-  単一研究の限界を超えて, 結果を量的にレビューしたい！

-  **メタ分析**

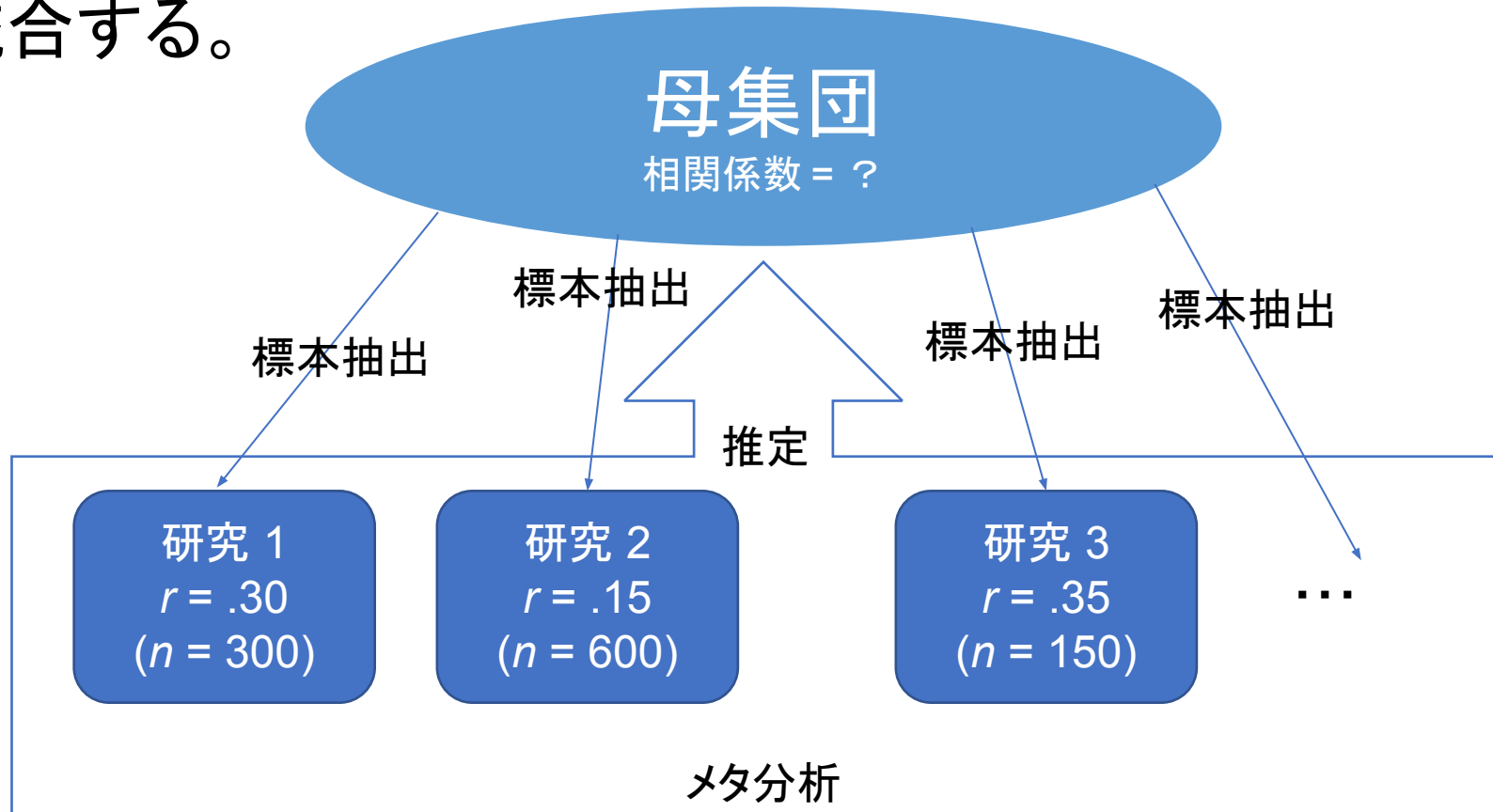
—同じテーマについて行われた複数の研究結果を, 統計的な方法を用いて統合すること



1-2. メタ分析とは？

• メタ分析 (Meta-Analysis)

— 関心のある量について、研究 i から得られた**効果量** Y_i を用いて研究結果を統合する。



1-2. メタ分析とは？

- 長所

- 手順が明確化されており, 量的なために評価が容易。
- 個々の研究の効果の大きさと方向を表現できる。
- 1つの研究の結果に左右されない, 大きな視点でテーマを捉える。

- 短所

- 労力・知識が必要, 質的研究は対象にならない。
- 「リンゴとオレンジ問題」: ただのごちゃ混ぜ, 統合してない。
- 「ゴミを入れてもゴミしか出ない問題」: 質の高い結果を歪める。
- 「お蔵入り問題」: 有意な結果だけがpublishされている。

- 短所をしっかりと理解した上で行う必要がある。

1-3. メタ分析の手順

ステップ	内容
①問題の定式化	取り上げる問題は何か、先行研究に基づいた <u>概念の整理</u> を行う。 個々の研究の特徴を、 <u>適格性基準</u> (方法の種類や年齢など)として定めておく。
②文献検索	<u>色々な手法を用いて対象とする文献を検索</u> する。
③情報のコーディング	文献から必要な情報を抽出。効果量や標本サイズなどを <u>コーディング</u> 。
④研究の質の評価	個々の研究の質を評価、関係のない研究を省く。
⑤結果の分析と統合	各研究についての効果量とその信頼区間を算出。その <u>平均効果量とSE</u> を求める。 <u>効果量のばらつきも考慮</u> に入れる。 <u>サンプルの異質性</u> の確認。
⑥エビデンスの解釈	<u>効果量の大きさ、方向性を解釈</u> する。 <u>頑健性や一般化可能性、メタ分析の限界</u> などの観点から考察を行う。
⑦結果の公表	プロットによる視覚的表現も交えながら結果を公表する。

1-3. メタ分析の手順

• ②文献検索

— データベース検索: PsycINFOやERICなど。

— マニュアル検索: ジャーナルを絞って全て確認していく。

— 引用文献検索: 最新レビューなどから辿っていく。

• ③情報のコーディング

— 研究の特徴(タイトルや出版年)・結果(効果量やサンプルサイズ)に関する情報を集める。

注1) 概念の操作的定義が異なるとき, 尺度がいくつかあるときは?

☞ 目的に応じて一つに絞ったり, 複数選択したりする。

注2) 効果量の独立性をどのように保つか?

1-3. メタ分析の手順

- ⑤結果の分析と統合

- 手順の中で唯一統計が関わってくる。

- 効果量も色々……

オッズ比・リスク比・相関係数・平均値差・分散説明率

質的データ

量的データ

- 基本的には、**重み付け平均**が用いられる。

- W_i にはサンプルサイズ(効果×重み付け)や分散の逆数など色々……

重み付け平均 = $\frac{\sum_{i=1}^k W_i Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$ $M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$

1-3. メタ分析の手順

•なぜ重み付け平均か？

研究A				研究B				研究A+B			
	うつ発症	未発症	%		うつ発症	未発症	%		うつ発症	未発症	%
虐待なし	10	90	10	虐待なし	170	30	85	虐待なし	180	120	60
虐待あり	30	170	15	虐待あり	90	10	90	虐待あり	120	180	40

- AもBも虐待ありの方がうつを発症しやすい。
- しかし、単純に足し合わせると、結論が逆転。
 - シンプソンのパラドックス
 - 虐待なしは研究B, 虐待ありは研究Aにサンプルが依存してる。
- 効果量の重み付けには、大きく分けて2種類の方法がある。

1-3. メタ分析の手順

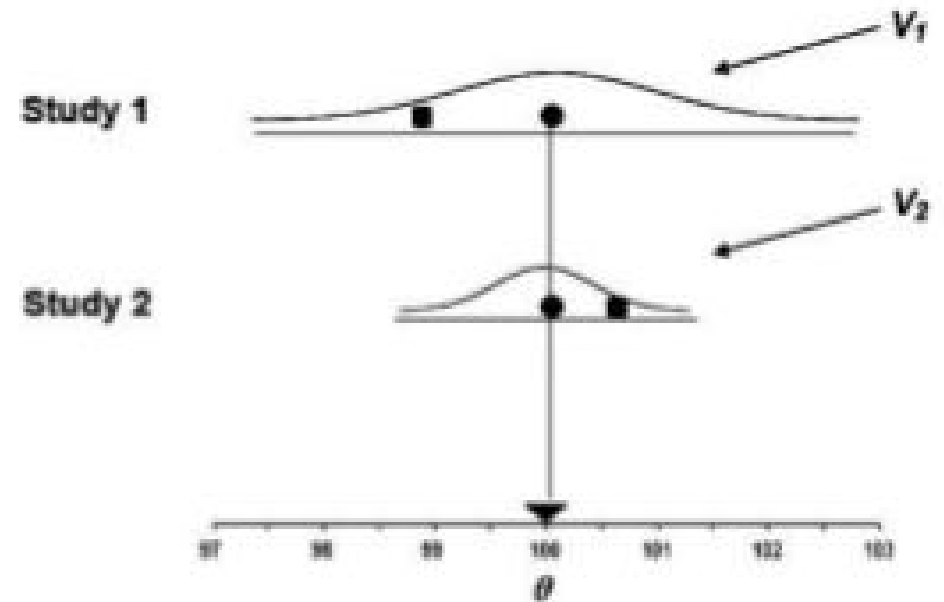
- **固定効果モデル** (fixed-effect model; FEM)

— 真の効果量 θ を**1つだけ**仮定, 個々の研究結果は偶然誤差の影響のみによってばらつくとする。

- 重み付けに分散 (V_{Y_i}) の逆数を使用。

— サンプルサイズに引っ張られる。

$$M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$$
$$W_i = \frac{1}{V_{Y_i}}$$



1-3. メタ分析の手順

- **ランダム効果モデル** (random-effect model; REM)

- 研究ごとに真の効果量を仮定, 偶然誤差と研究ごとの偏りによって, 個々の研究結果がばらつくとする。

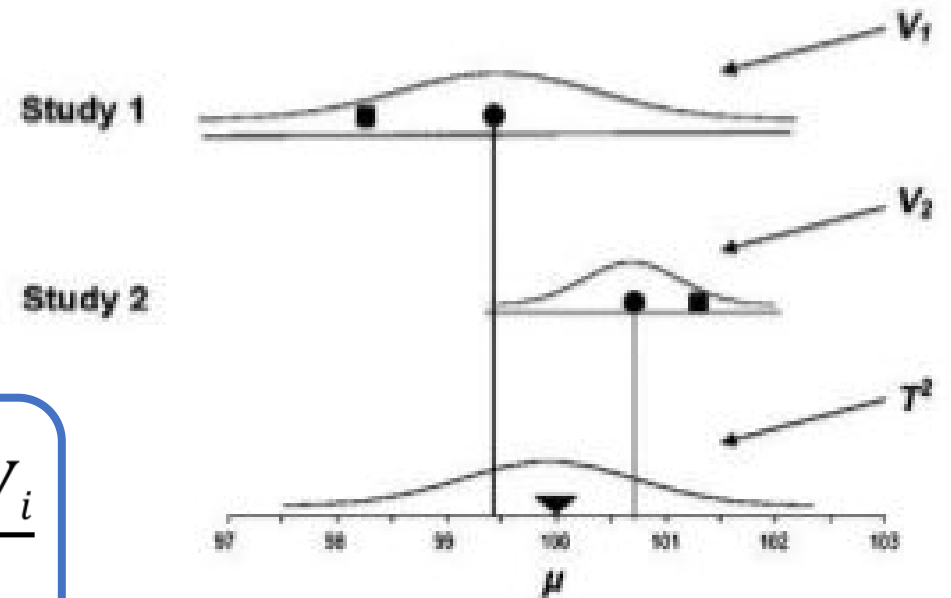
- T^2 が重み付けに加わる。

$$M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

$$W_i = \frac{1}{V_{Y_i} + T^2}$$

異質性の指標Qが含まれている。
→研究間の効果のばらつきも考慮できる。

$$T^2 = \frac{\{Q - (k - 1)\} \sum W_i}{(\sum W_i)^2 - \sum W_i^2}$$



用いられる手法の例: DerSimonian-Laired法、restricted maximum likelihood法やBayesian法

1-3. メタ分析の手順

- 重み付け平均 M を求めたら、後は95%信頼区間を求める。

— 重み付け平均の分散 (重み付けの合計の逆数)

$$V_M = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

— 重み付け平均の標準誤差 (重み付け平均の分散の平方根)

$$SE_M = \sqrt{V_M}$$

— 95%信頼区間の算出 $\pm 1.96 \times SE_M$

1-3. メタ分析の手順

• 異質性 (Heterogeneity) の検討

① 臨床的・方法論的異質性

— Study populationの違い (年齢・性別・人種など)

— Study designの違い (課題・治療期間など)

☞ 調整変数の効果がそこにあるのか検討する。

② 統計学的異質性

— 研究ごとの効果のばらつきを検討する。

— Q統計量, I^2 統計量を用いる。

• ①も②も同質 → メタ分析でOK

• ①も②も異質 → メタ回帰分析, サブグループ分析など

1-3. メタ分析の手順

- 統計学的異質性の指標

- Q統計量 (Cochrane's Q) を用いる。

$$Q = \sum W(\text{個々の研究の効果量} - \text{統合された効果量})^2$$

- カイ二乗検定を用いて検討, 有意だと異質性あり。

- Q統計量は研究数の影響を多分に受ける。

- I^2 も併記することが推奨される。

$$I^2 = \frac{\{Q - (k - 1)\} \times 100}{Q}$$

0~25% 異質性なし、25~50% 中等度、
50~75% 強い、75%~とても強い。
(Higgins et al, 2003)

1-4. 岡田(2009)の例

- 自己愛と心理的健康との関連についてのメタ分析
 - 心理的健康の指標として、抑うつ・不安・神経症傾向・孤独感・主観的幸福感を使用。
 - 1979年～2008年にかけて、35の研究を収集。

- 重み付けはサンプルサイズで(1-3 参考スライドは抑うつでの例)

表 6-4 自己愛と心理的健康との相関についてのメタ分析の結果
(岡田, 2009 をもとに作成)

- 結果, どうやら効果はある。
 - では, どの程度関連?
 - 相関は $\pm.20$ 程度

	研究数	標本サイズ	相関係数	標準偏差	95%信頼区間
心理的健康全体	35	25012	.19	0.05	[.18, .21]
抑うつ	12	1993	-.19	0.06	[-.23, -.14]
不安	10	1584	-.19	0.11	[-.26, -.12]
神経症傾向	16	22250	-.19	0.04	[-.21, -.17]
孤独感	5	596	-.29	0.13	[-.41, -.18]
主観的幸福感	9	19230	.20	0.03	[.18, .22]

1-4. 岡田(2009)の例

- 自己愛と心理的健康の相関係数は $\pm.20$ くらい
— 明確な関連があるとは言えないのでは？
- 岡田(2009)では、自己愛と自尊心の関連についてもメタ分析。

☞ $.32$ の正の相関

- 岡田(2011)は自己愛の下位概念と自尊心の関係にも着目。

☞ 「搾取性/権利の主張」は $-.18$ の負の相関

- 1つのメタ分析の結果もまた、
複数の視点から考える必要性。
— 全体で関連が弱いなら下位尺度は？
— 長期的な観点からは？

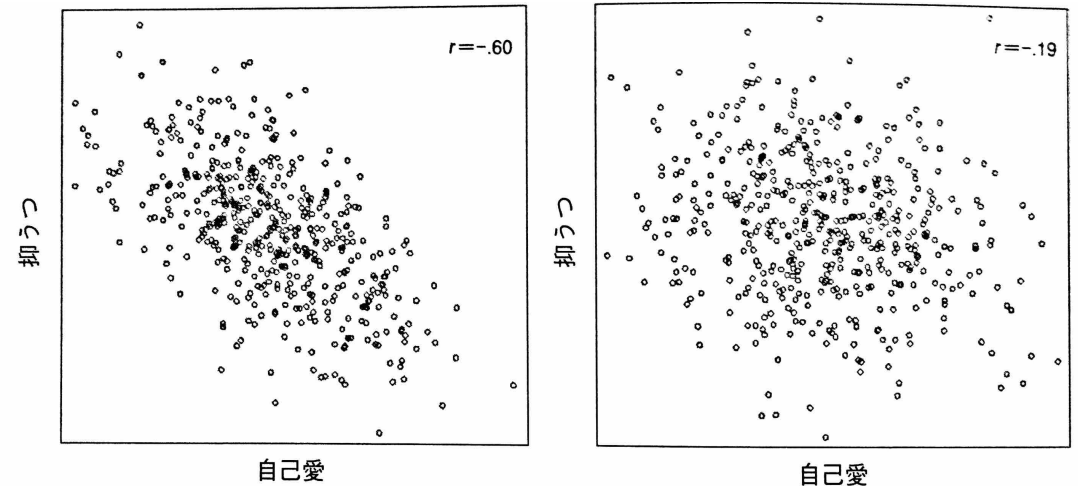


図6-1 自己愛と抑うつとの相関の散布図の例 (架空のデータ)

•1. メタ分析とは何か

1-1. 自己愛の高い人は健康的??

1-2. メタ分析とは?

1-3. メタ分析の手順

1-4. 岡田(2009)の例

•2. 実際に分析をやってみよう!

2-1. 岡田先生のエクセルファイル

2-2. せっかくだからRでも

2-3. 視覚的にメタ分析の結果を確認しよう

2-1. 岡田先生のエクセルファイル

- びっくりするほど簡単
- ①”chapter06_okada_meta.xlsx”と” data06.xlsx”を開く。
- ②”data06”のタブ「心理的健康全体」のデータをそのまま(A2:C36)
”chapter06_okada_meta”の入力シートに貼り付ける。
- ③終了。

- 「計算過程」タブでどのような計算がなされているか確認しましょう。
- 時間があれば色々なカテゴリ(抑うつに絞るなど)で試してみましょう。

2-2. せっかくだからRでも

- 相関係数以外の効果量もやってみる。
- 今回みたいにサンプルサイズで重み付けをやるのは簡単だが、重み付けの仕方は様々な手法があるので、他の手法も身につける必要性。
- その上で固定効果モデル・ランダム効果モデル両方試してみましよう。
- Rのmetaforパッケージを使用（他にもmeta, emetaなど）
- BCGワクチンの治験データを用いる。
- 以下のURLを参照（奥村研究室）
- <https://oku.edu.mie-u.ac.jp/~okumura/stat/meta.html>

2-2. せっかくだからRでも

- BCGワクチンの治験データ
- 結核予防を目的としたワクチン投与群・非投与群の比較をした13のデータ (Colditz et al., 1994)
- エンドポイント
: 「その治療法によって何が改善されれば有効と考える」ということを
事前に決めておく。
→ 結核への罹患
- 投与群/罹患 (tpos), 投与群/非罹患 (tneg)
非投与群/罹患 (cpos), 非投与群/非罹患 (cneg)

2-2. せっかくだからRでも

				投与/罹患	投与/非罹患	非投与/罹患	非投与/非罹患		
	trial	author	year	tpos	tneg	cpos	cneg	ablat	alloc
1	1	Aronson	1948	4	119	11	128	44	random
2	2	Ferguson & Simes	1949	6	300	29	274	55	random
3	3	Rosenthal et al	1960	3	228	11	209	42	random
4	4	Hart & Sutherland	1977	62	13536	248	12619	52	random
5	5	Frimodt-Moller et al	1973	33	5036	47	5761	13	alternate
6	6	Stein & Aronson	1953	180	1361	372	1079	44	alternate
7	7	Vandiviere et al	1973	8	2537	10	619	19	random
8	8	TPT Madras	1980	505	87886	499	87892	13	random
9	9	Coetzee & Berjak	1968	29	7470	45	7232	27	random
10	10	Rosenthal et al	1961	17	1699	65	1600	42	systematic
11	11	Comstock et al	1974	186	50448	141	27197	18	systematic
12	12	Comstock & Webster	1969	5	2493	3	2338	33	systematic
13	13	Comstock et al	1976	27	16886	29	17825	33	systematic

2-2. せっかくだからRでも

- ①metaforパッケージをインストール

—install.packages("metafor")

- ②ライブラリの読み込み

—library(metafor)

- ③例題データの読み込み

—data(dat.bcg)

- ④効果量・分散を計算して組み込む

—ES.bcg<-escalc(measure="OR", ai=tpos, bi=tneg, ci=cpos, di=cneg, data=dat_bcg)

- ⑤効果量・分散が組み込まれたか確認する

対数オッズ比を効果量とし， Effect sizeと分散を計算して組み込む

$$\log \left[\frac{\left(\frac{ai}{di} \right)}{\left(\frac{bi}{ci} \right)} \right]$$

2-2. せっかくだからRでも

```
> ES.bcg
  trial      author year tpos  tneg cpos  cneg ablat  alloc
1     1      Aronson 1948   4  119  11  128   44  random
2     2 Ferguson & Simes 1949   6  300  29  274   55  random
3     3 Rosenthal et al 1960   3  228  11  209   42  random
4     4 Hart & Sutherland 1977  62 13536 248 12619  52  random
5     5 Frimodt-Moller et al 1973  33  5036  47  5761  13  alternate
6     6 Stein & Aronson 1953  180  1361  372  1079  44  alternate
7     7 Vandiviere et al 1973   8  2537  10  619   19  random
8     8 TPT Madras 1980  505 87886 499 87892  13  random
9     9 Coetzee & Berjak 1968  29  7470  45  7232  27  random
10    10 Rosenthal et al 1961  17  1699  65  1600  42  systematic
11    11 Comstock et al 1974  186 50448 141 27197  18  systematic
12    12 Comstock & Webster 1969   5  2493   3  2338  33  systematic
13    13 Comstock et al 1976  27 16886  29 17825  33  systematic

  yi  vi
1 -0.9387 0.3571
2 -1.6662 0.2081
3 -1.3863 0.4334
4 -1.4564 0.0203
5 -0.2191 0.0520
6 -0.9581 0.0099
7 -1.6338 0.2270
8  0.0120 0.0040
9 -0.4717 0.0570
10 -1.4012 0.0754
11 -0.3408 0.0125
12  0.4466 0.5342
13 -0.0173 0.0716
```

2-2. せっかくだからRでも

• ⑥メタ分析の実行(固定効果モデル)

```
—res<-rma(yi,vi,data=ES.bcg,method="FE")
```

```
> summary(res)
```

```
Fixed-Effects Model (k = 13)
```

```
      logLik  deviance      AIC      BIC      AICc  
-76.0290  163.1649  154.0580  154.6229  154.4216
```

```
Test for Heterogeneity:
```

```
Q(df = 12) = 163.1649, p-val < .0001
```

```
Model Results:
```

```
estimate      se      zval      pval      ci.lb      ci.ub      ***  
-0.4361      0.0423 -10.3190 <.0001 -0.5190 -0.3533
```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

2-2. せっかくだからRでも

- ⑦メタ分析の実行(ランダム効果モデル, 制限付き最尤推定法)

```
—res2<-rma(yi,vi,data=ES.bcg,method="REML")
```

```
> summary(res2)
```

- 異質性がありそう

→もっと視覚的に確認する

```
Random-Effects Model (k = 13; tau^2 estimator: REML)
```

```
logLik deviance AIC BIC AICc  
-12.5757 25.1513 29.1513 30.1211 30.4847
```

```
tau^2 (estimated amount of total heterogeneity): 0.3378 (SE = 0.1784)
```

```
tau (square root of estimated tau^2 value): 0.5812
```

```
I2 (total heterogeneity / total variability): 92.07%
```

```
H2 (total variability / sampling variability): 12.61
```

```
Test for Heterogeneity:
```

```
Q(df = 12) = 163.1649, p-val < .0001
```

```
Model Results:
```

```
estimate se zval pval ci.lb ci.ub ***  
-0.7452 0.1860 -4.0057 <.0001 -1.1098 -0.3806
```

```
---
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

2-3. 視覚的にメタ分析の結果を確認しよう

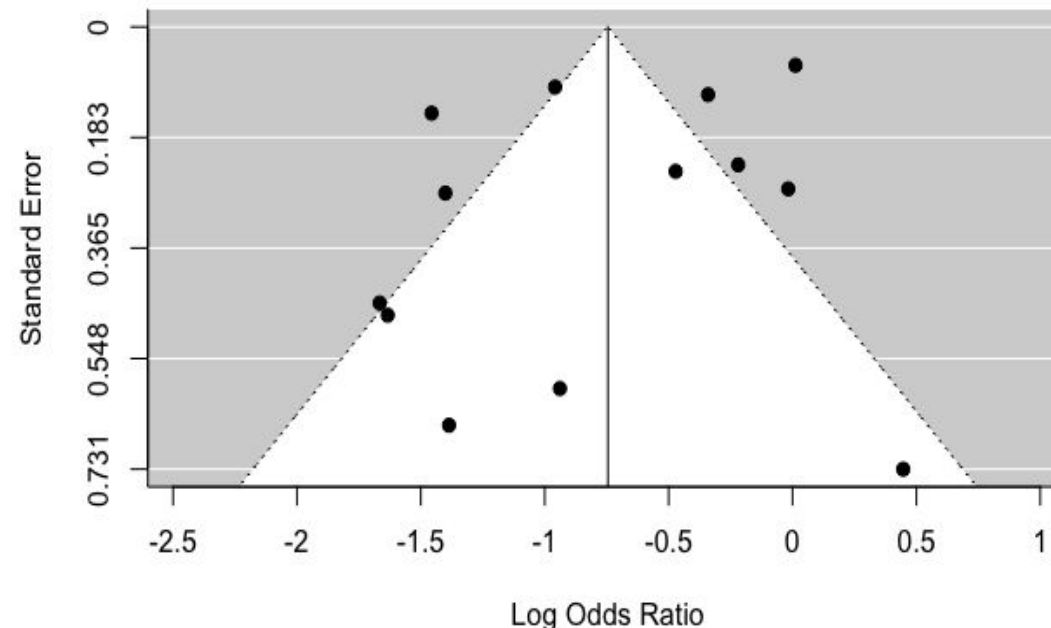
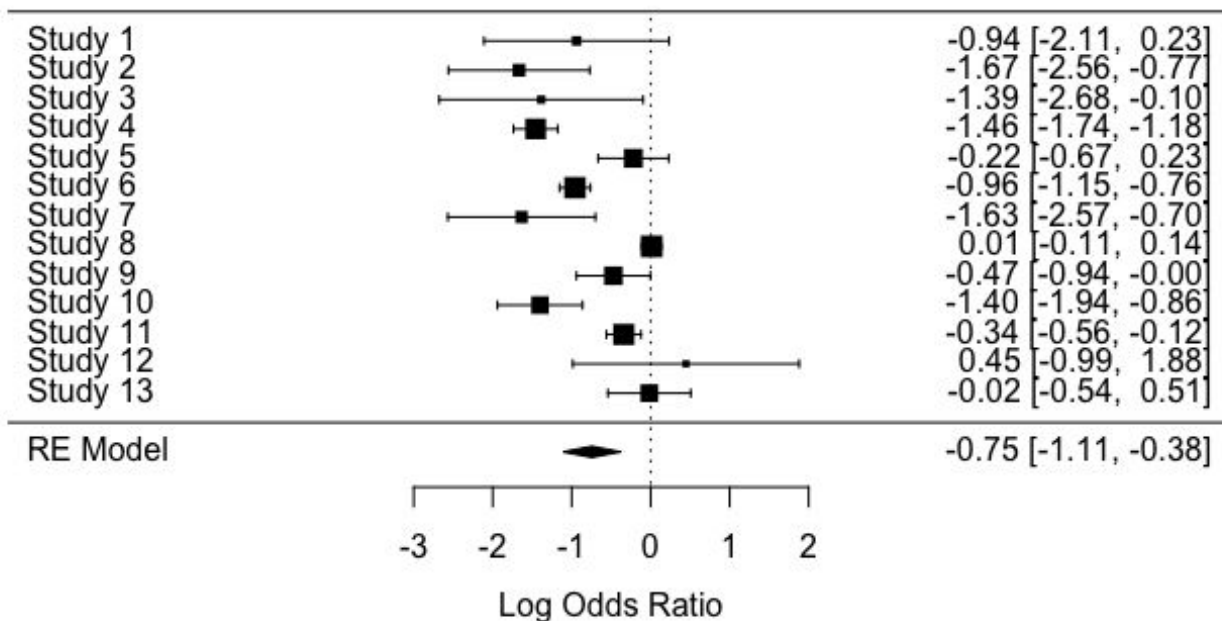
• ⑧結果のプロットを出す

—plot(res2) #4種類全部

>forest(res2) #フォレストプロット

>funnel(res2) #ろうとプロット

• ばらつきをありそう.....出版バイアスはある??



2-3. 視覚的にメタ分析の結果を確認しよう

- ⑨ 出版バイアスの評価を行う
 - ポジティブな結果ばかりが出版される。
 - 効果を過大評価してしまう可能性。
- 視覚的評価による検証
 - funnel plotを見て、非対称性があるかどうか確認する。

• 出版バイアスを調整する手法

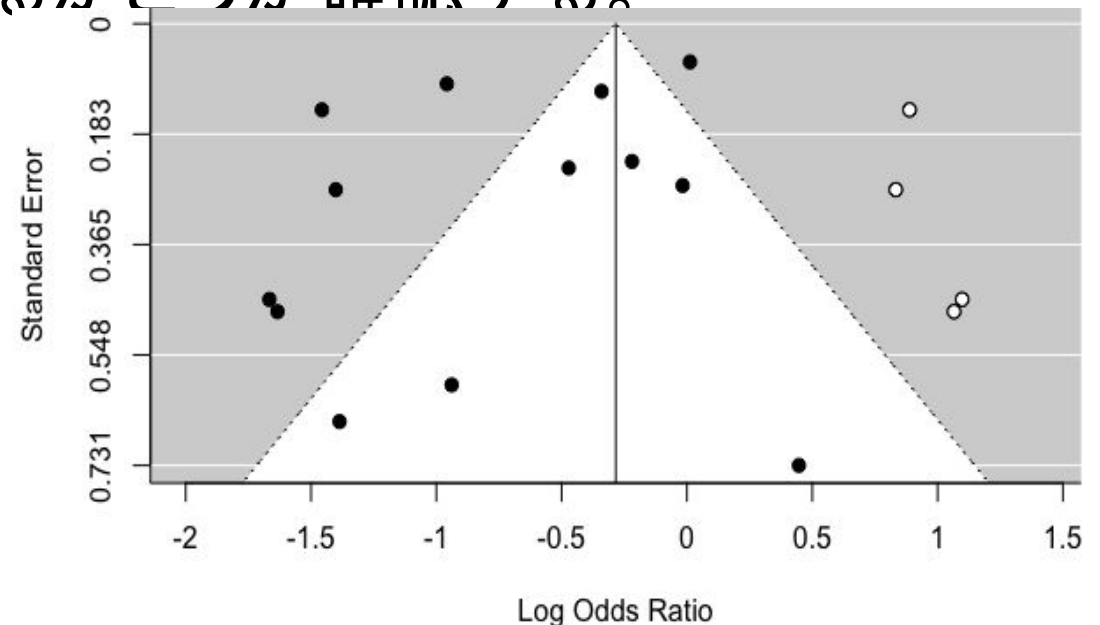
— trim-fill法 (Duval, 2000)

```
— taf2 <- trimfill(res2)
```

```
> funnel(taf2)
```

```
> taf <- trimfill(res)
```

```
> funnel(taf) #summary(taf)で変化を確認
```



参考資料・URL ()内は主な引用スライド

- 高橋先生の授業資料「心理デザイン研究法特論 2015」
- <https://www.slideshare.net/YoshihikoKunisato/ss-37490113> (slide 11~16)
- <https://oku.edu.mie-u.ac.jp/~okumura/stat/meta.html> (slide 19~26)
- http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/20539_d30b848c6b854f6db39dbdad5495a327.html
- https://www.slideshare.net/okumurayasuyuki/meta-analysis-okumura?next_slideshow=1 (slide 8, 16, 24)
- metaforパッケージの使い方
<https://cran.r-project.org/web/packages/metafor/metafor.pdf>

※1-3. メタ分析の手順(参考)

- テキストに載っている手法について
- ハンターとシュミットの方法
- 相関係数の分散 $= \frac{\sum_{i=1}^k n_i (r_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^k n_i} = 0.0038$

集まった標本の相関係数のばらつき

- 標本誤差による分散 $= \frac{(1 - \bar{r}^2)^2}{\bar{n} - 1} = 0.0070$

母集団から標本を抽出したことからくるばらつき

- 母集団での相関係数の分散 = 相関係数の分散 - 標本誤差による分散
 $= -0.0032$ (注)

$$\text{重み付け平均 } M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i r_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

$$\bar{r} = -.17$$

	研究	標本サイズ	相関係数
1	Sedikides 他 (2004) 研究 1	149	-.16
2	Sedikides 他 (2004) 研究 4	154	-.25
3	Sedikides 他 (2004) 研究 5	155	-.23
4	Sinha & Krueger (1998)	89	-.10
5	Wright 他 (1989)	100	-.10
6	Watson 他 (1988)	166	-.11