

Only You

A Field Experiment of Text Message to Prevent Crowding-out Effect in Japan Marrow Donor Program

Hiroki Kato¹ Fumio Ohtake^{1, 2} Saiko Kurosawa³ Kazuhiro Yoshiuchi⁴
Takahiro Fukuda⁵

¹Graduate School of Economics, Osaka University

²Center for Infectious Disease Education and Research (CiDER), Osaka University

³Department of Oncology, Ina Central Hospital

⁴Graduate School of Medicine, Tokyo University

⁵Department of Hematopoietic Stem Cell Transplantation, National Cancer Center Hospital

August 25, 2022

同種幹細胞移植について

- 比較的再発率の低い、血液病（e.g. 白血病）に対する治療法
 - 抗がん剤もしくは放射線治療によって健康な細胞と病巣を破壊し、他者の健康な細胞を移植する
- 白血球の型（HLA）が一致していることが条件
 - ランダムにピックアップした二人の HLA の一致確率は 1%未満
 - 兄弟姉妹の二人の HLA の一致確率は 30%（親子の一致確率はかなり小さい）
- 日本では、親族に最適なドナーがない場合、日本骨髄バンク（JMDP）を通して非親族の造血幹細胞ドナーを探す

JMDPの問題点

- 移植のコーディネート期間が長く、患者の死亡率が高い (Hirakawa et al, 2018)
 - 50%の登録患者は 146 日以内に移植を受けられるが、死亡した登録患者の 58%は 200 日以内に死亡していた
 - 登録患者の約 40%が移植を受けられず、死亡した
- 患者の生存率を向上するためには、移植のコーディネート期間を短くする必要がある。そのための政策は 2 つある。
 - **ドナープールの規模を拡大する**。2000 年から 2015 年にかけて骨髄バンクの登録者は 2 倍になっているが、HLA の一致確率は 5%程度しか増えていない (Takanashi, 2016)。この政策の限界便益は小さい
 - **ドナープールの質を高める**。73%のコーディネーションは確認検査前にドナー側の理由で中断している (Hirakawa et al., 2018)。ここに改善の余地がある。

公共財としての同種幹細胞移植

- JMDP を介した移植は1人の患者に対して複数のドナーが同時にコーディネーションを進める
- 患者を助けることに効用を得る人は、他者の移植でも効用を得られる。したがって、経済学で言われるクラウディング・アウト効果（もしくは、ただ乗り行動）が生じうる
 - ドナー候補者が複数いると期待している人は、他者が移植してくれることを期待して、自身が移植することを断る。
 - 結果として、医者が選択できるドナー候補者が少なくなり、移植を阻害してしまう。

本研究の概要

- ドナー候補者に選定されたことを伝える適合通知に、クラウディング・アウト効果を阻害するようなテキストメッセージを加えて、その効果をフィールド実験にて検証する。
 - 関連研究：Shang and Croson (2009, EJ)
- 主な発見
 1. クラウディング・アウト効果を解消するメッセージは返信率を高めている
 2. 特に、このメッセージは移植成績の良い若年男性に対して有効であり、移植を希望して返信する確率を高め、移植確率にも正の影響を与えている。

1. Field Experiment

介入対象とタイミング

- 対象：骨髄バンクドナー確定後に「適合通知」を受け取るドナー候補者 ($N = 11,154$)
- ドナー候補者確定後、骨髄バンクは対象者に幹細胞提供を依頼する「適合通知」およびそれを郵送した旨を伝える SNS メッセージを送付
- 行動科学の知見に基づいたメッセージを適合通知に加える介入を実施

通常の適合通知の内容

この度、あなたと骨髄バンクの登録患者さんの HLA 型（白血球の型）が一致し、ドナー候補者のおひとりに選ばれました。今後、ご提供に向け詳しい検査や面談を希望されるかをお伺いしたく連絡させていただきました。同封の資料をよくお読みいただき、コーディネートが可能かどうか検討の上、この案内が届いてから 7 日以内に返信用紙ほかをご返送ください。返送後、コーディネートを進めさせていただく場合は、担当者よりご相談のお電話を差し上げますのでよろしくお願い申し上げます。

介入①：確率メッセージ

「1人の登録患者さんとHLA型が一致するドナー登録者は**数百～数万人に1人**です。ドナー候補者が複数みつかる場合もありますが、多くはないこともご理解頂ければ幸いです。」

- 他のドナー候補者が多くいるという過大推定によるクラウディング・アウト効果を解消することを目的としたもの

介入②：移植患者情報

「骨髄バンクを介して移植ができる患者さんは現在約6割にとどまっています。骨髄等を提供するドナーが早く見つければ、その比率を高めることができます。」

- クラウディング・アウト効果の解消と併せて、利他的なモチベーションを刺激することを目的としたもの

実験群

2つの介入を組み合わせ、4つの実験群を作成した。実験群の割り当ては骨髓バンク側の業務の無理のない範囲でクラスターランダム化した。

- A 群：通常の適合通知
- B 群：通常の適合通知＋確率メッセージ
- C 群：通常の適合通知＋移植患者情報
- D 群：通常の適合通知＋確率メッセージ＋移植患者情報

割り当てスケジュール

週・月の固定効果を取り除くために、実験群は月・週でバランスするように週単位で割り当てた

| 週 | 月/年 | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|------|------|
| | 9/21 | 10/21 | 11/21 | 12/21 | 1/22 | 2/22 |
| 1 | B | C | C | D | B | A |
| 2 | D | B | A | A | C | B |
| 3 | A | D | B | C | D | C |
| 4 | C | A | D | B | A | D |

データ

- データは 2022 年 6 月末時点のコーディネーション進行状況と複数の個人属性で構成されている
 - 観測単位はコーディネーション（ドナー候補者）
 - コーディネーション進行状況は提供に至るまでの各工程について記録されている（返信と意向 → 確認検査 → 第一候補者 → 最終同意 → 採取）
- 分析対象は**国内在住でコーディネーションが完全に終了している人**
 - 海外に在住する人に適合通知を送付した事例が 1 件あった
 - 現在もコーディネーションが進行している事例が約 100 件あった

フィールド実験概要

| | 実験群 | | | | p-value |
|----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | A | B | C | D | |
| A. 介入 | | | | | |
| 通常の適合通知 | X | X | X | X | |
| 確率メッセージ | | X | | X | |
| 移植患者情報 | | | X | X | |
| B. サンプルサイズ | | | | | |
| サンプルサイズ | 2535 | 3053 | 2726 | 2735 | |
| C. 共変量 | | | | | |
| 年齢 | 38.38 | 38.12 | 37.45 | 37.98 | 0.00 |
| 過去のコーディネーション回数 | 1.61 | 1.59 | 1.62 | 1.56 | 0.13 |
| 男性 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.61 | 0.23 |
| 東京・大阪・神奈川・愛知 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.57 |

推定方法

一部の共変量、および割り当ての週と月が実験群間でバランスしていないことを考慮して、単純な二群比較ではなく、線形確率モデルで推定する。

$$Y_{imw} = \beta_1 \cdot B_{mw} + \beta_2 \cdot C_{mw} + \beta_3 \cdot D_{mw} + X_i' \gamma + \lambda_m + \theta_w + u_{imw}$$

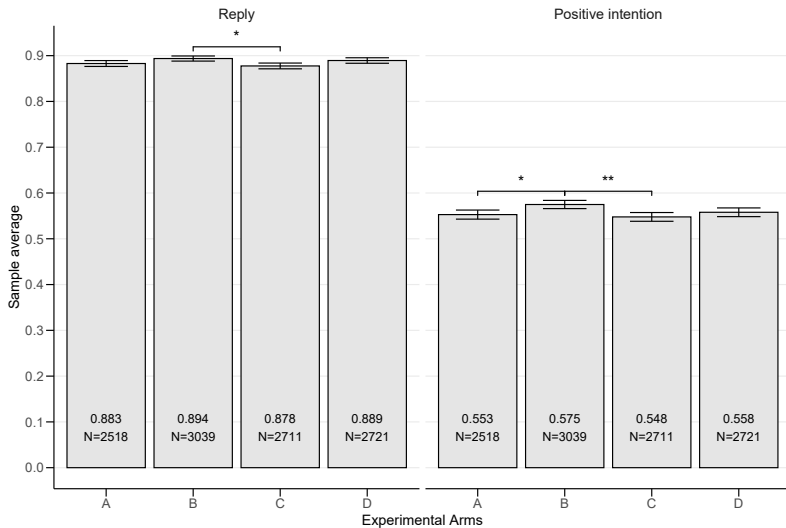
- X_i は性別、年齢、東京・大阪・神奈川・愛知ダミー (TOKA)、コーディネーション回数
- λ_m と θ_w は週・月の固定効果
- $\beta_1 = \beta_2$ 、 $\beta_1 = \beta_3$ 、 $\beta_2 = \beta_3$ の帰無仮説に対する F 検定を実施

2. Effect on Reply and Intention

アウトカム変数

- 最も個人の意向が現れる**適合通知への返信**と**移植の意向**をアウトカム変数とする
 - 外生的な要因である患者側の都合でこの工程の段階でコーディネーションが中止した人は除外して分析をする
- アウトカム変数は適合通知に返信したならば 1 を取るダミー変数
 - 全体平均は 88%
- 返信スピードに対する効果を検証するために、 X 日以内に返信したならば 1 を取るダミー変数もアウトカムとする
 - $X = \{5, 10, 20, 30\}$
 - 返信した人の平均返信日数は全体で約 10 日（中央値は 9 日）

二群比較の検定（補論）



*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

回帰分析の結果

| | Reply | Reply within specific day | | | |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | | 5 days | 10 days | 20 days | 30 days |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| B | 0.014** (0.006) | 0.005 (0.008) | -0.047*** (0.014) | 0.013 (0.009) | 0.016** (0.007) |
| C | 0.003 (0.005) | 0.002 (0.007) | 0.003 (0.015) | 0.008 (0.007) | 0.006 (0.005) |
| D | 0.006 (0.005) | 0.013 (0.009) | -0.030** (0.014) | 0.017** (0.007) | 0.006 (0.005) |
| Num.Obs. | 10 989 | 10 989 | 10 989 | 10 989 | 10 989 |
| <i>F-tests, p-value</i> | | | | | |
| B = C | 0.019 | 0.677 | 0.002 | 0.394 | 0.038 |
| B = D | 0.152 | 0.377 | 0.190 | 0.621 | 0.081 |
| C = D | 0.542 | 0.146 | 0.037 | 0.093 | 0.852 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Remark：共変量・固定効果の影響

モデル(1)の共変量・固定効果に関する結果

- 高齢であるほど、返信率が高い
- 女性の方が男性よりも返信率が高い
- コーディネートの経験回数が多いほど、返信率が高い
- 東京・大阪・神奈川・愛知に在住している人がそうでない人よりも返信率が高い
- 週・月の固定効果は返信率と**相関なし**

回帰分析と二群比較の結果の差について（メモ）

メッセージ A とメッセージ B の比較に注目する

- 効果の大きさ：0.011（二群比較） < 0.014（回帰分析）
 - 回帰分析は A 群の平均年齢と平均コーディネート経験回数が B 群よりも若干高いことを制御した？
- 推定効果の標準誤差：0.009（二群比較） > 0.006（回帰分析）
 - 回帰分析は実験週単位でクラスターした標準誤差を使用している
 - クラスター標準誤差が通常の標準誤差を下回るということは、クラスター内の個人間の相関が負であることを示す (Angrist and Pischke, 2009)
 - 適合通知を受け取った人が他の人の返信状況などを聞いて、クラウドイング・アウトのような行動を取るとしたら、クラスター内の個人間の相関が負となる？

移植の意向による効果の分解

- 返信率に対する効果は2つの効果に分解できる
 1. **Positive intention**：提供を希望して返信したかどうか
 2. **Negative intention**：提供を希望しないで返信したかどうか
- 意向に関する二つのアウトカム変数に対する効果を推定する
- また、返信スピードを考慮して、 X 日以内に提供を希望して（しないで）返信したかどうかもアウトカム (Reply within specific day with psotive/negative intention) としたモデルも推定する

Positive intention に対する効果

| | Positive intention | Reply within specific day with positive intention | | | |
|-------------------------|--------------------|---|--------------------|-------------------|-------------------|
| | | 5 days | 10 days | 20 days | 30 days |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| B | 0.020 (0.012) | 0.013 (0.009) | -0.020* (0.010) | 0.021 (0.013) | 0.021 (0.012) |
| C | -0.003 (0.011) | 0.004 (0.009) | 0.005 (0.015) | -0.002 (0.011) | -0.003 (0.011) |
| D | 0.006 (0.010) | 0.016 (0.010) | -0.016 (0.011) | 0.013 (0.011) | 0.007 (0.010) |
| Num.Obs. | 10 989 | 10 989 | 10 989 | 10 989 | 10 989 |
| <i>F-tests, p-value</i> | | | | | |
| B = C | 0.011 | 0.227 | 0.087 | 0.014 | 0.007 |
| B = D | 0.071 | 0.775 | 0.691 | 0.395 | 0.078 |
| C = D | 0.256 | 0.145 | 0.122 | 0.037 | 0.149 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Remark：共変量・固定効果の影響

モデル(1)の共変量・固定効果に関する結果

- 高齢であるほど、正の意向を示しやすい
- 男性の方が女性よりも正の意向を示しやすい
- コーディネートの経験回数が多いほど、正の意向を示さない
- 2022年1月と比較して、2021/9や2021/10に送付した時の方が正の意向を示しやすい
- 第1週と比較して、第3週に送付したときの方が正の意向を示しやすい

回帰分析と二群比較の結果の差について（メモ）

メッセージ A とメッセージ B の比較に注目する

- 効果の大きさ：0.022（二群比較） > 0.020（回帰分析）
 - 回帰分析は A 群の平均年齢と平均コーディネート経験回数が B 群よりも若干高いことを制御した？
 - メッセージ B の割り当ては第 1 週に 2 回、第 3 週に 1 回。メッセージ A の割り当ては第 1 週と第 3 週ともに 1 回。
- 推定効果の標準誤差：0.013（二群比較） > 0.012（回帰分析）
 - 回帰分析は実験週単位でクラスターした標準誤差を使用している
 - クラスター標準誤差が通常の標準誤差を下回るということは、クラスター内の個人間の相関が負であることを示す

Negative intention に対する効果

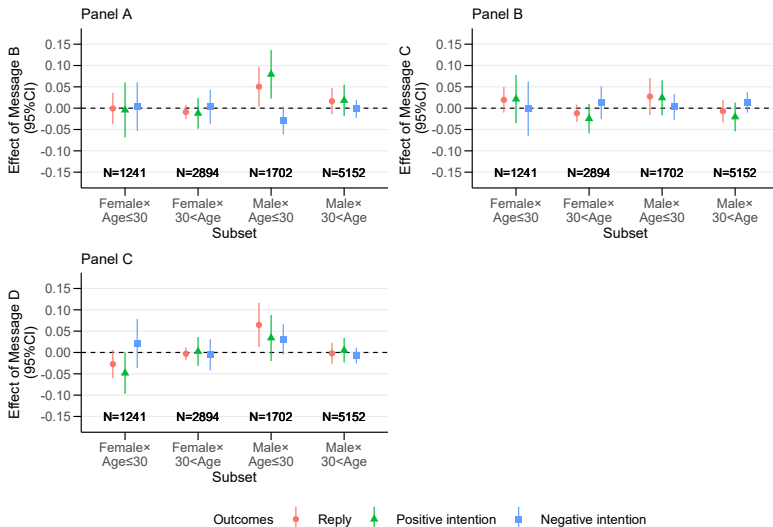
| | Negative intention | Reply within specific day with negative intention | | | |
|-------------------------|--------------------|---|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | 5 days | 10 days | 20 days | 30 days |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| B | -0.006 (0.008) | -0.008* (0.005) | -0.028*** (0.008) | -0.008 (0.007) | -0.005 (0.007) |
| C | 0.006 (0.010) | -0.002 (0.005) | -0.002 (0.009) | 0.010 (0.007) | 0.009 (0.009) |
| D | 0.000 (0.007) | -0.003 (0.005) | -0.013* (0.007) | 0.003 (0.007) | -0.001 (0.007) |
| Num.Obs. | 10 989 | 10 989 | 10 989 | 10 989 | 10 989 |
| <i>F-tests, p-value</i> | | | | | |
| B = C | 0.159 | 0.114 | 0.014 | 0.008 | 0.079 |
| B = D | 0.190 | 0.138 | 0.117 | 0.060 | 0.381 |
| C = D | 0.452 | 0.822 | 0.256 | 0.302 | 0.194 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

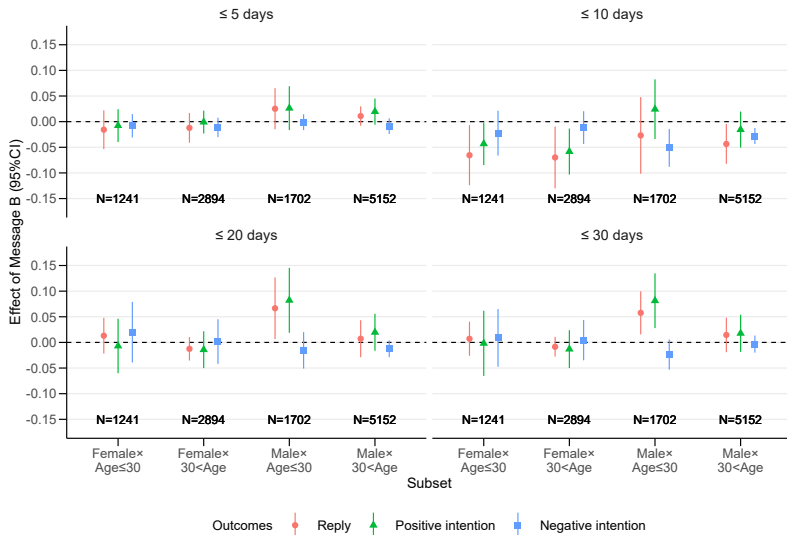
性別 × 年齢による効果の異質性

- 性別と年齢（30 歳以下どうか）でサンプルを分割して、返信と意向の効果
を推定する
 - 若年男性は移植実績が良いとされているが、具体的に、若年とは何歳以下か？

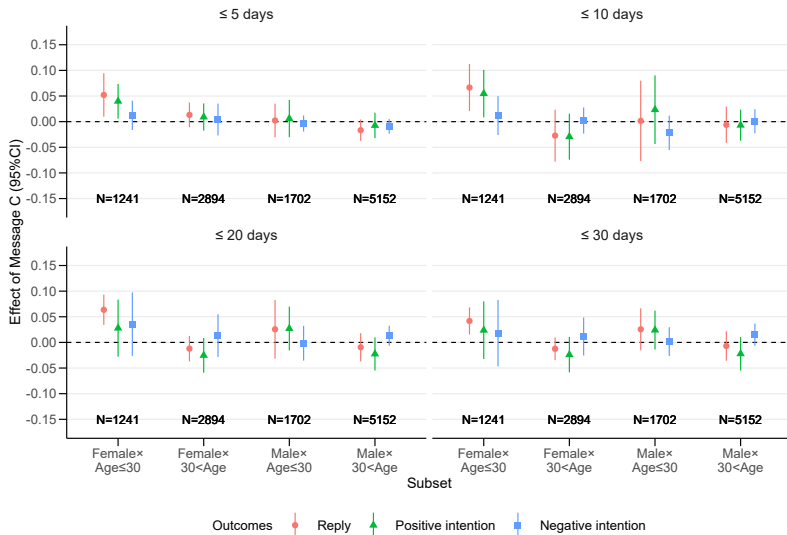
性別 × 年齢による効果の異質性：結果 (1)



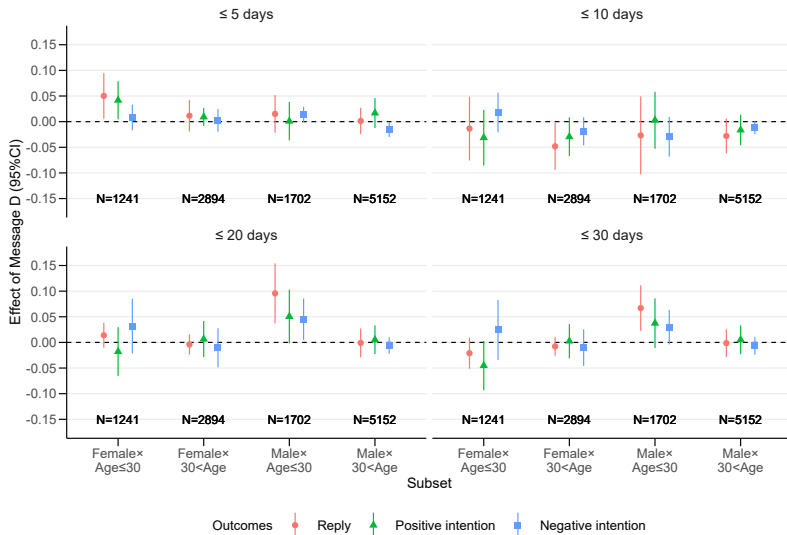
性別 × 年齢による効果の異質性：結果 (2)



性別 × 年齢による効果の異質性：結果 (3)



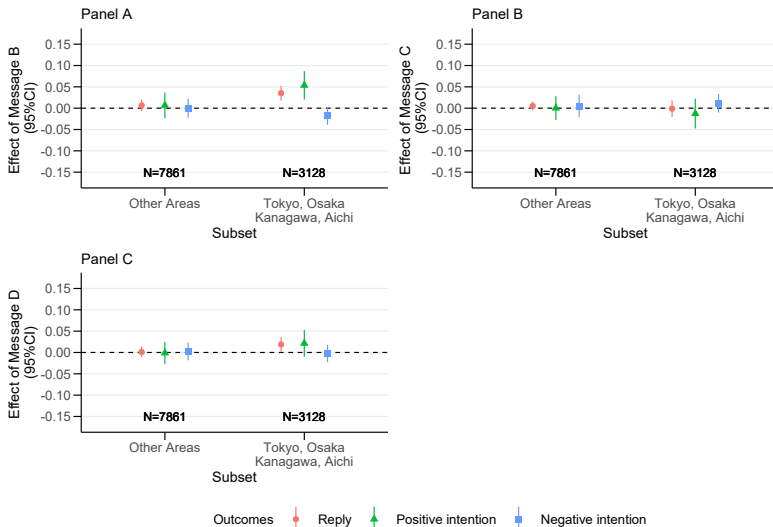
性別 × 年齢による効果の異質性：結果 (4)



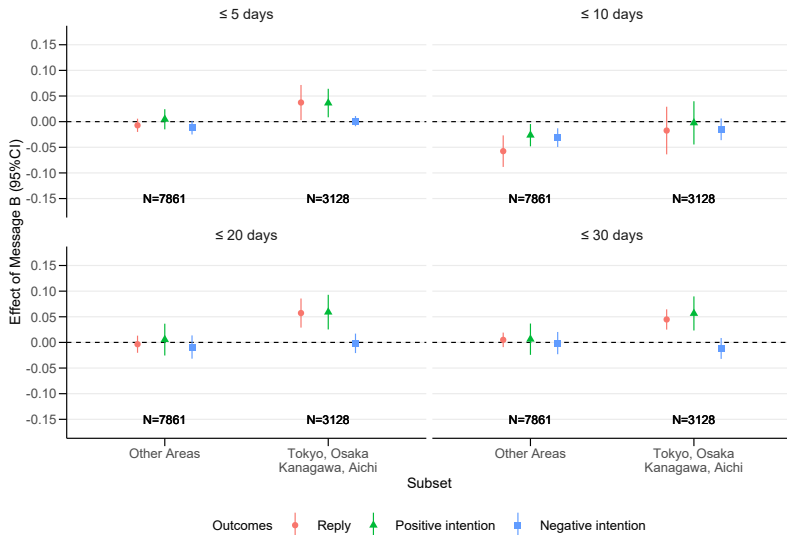
地域による異質性

- 都道府県ごとに10平方キロメートル当たりの病院数を計算し、0.5カ所以上ある地域とそうでない地域でサンプルを分割した
 - 1カ所以上：東京・大阪
 - 1カ所未満：神奈川・愛知
 - 東京・大阪・神奈川・愛知のグループを *TOKA* と称する
- それぞれのサブサンプルで効果を推定する。さらに、性別 \times *TOKA* のサブサンプルでも効果を推定する。

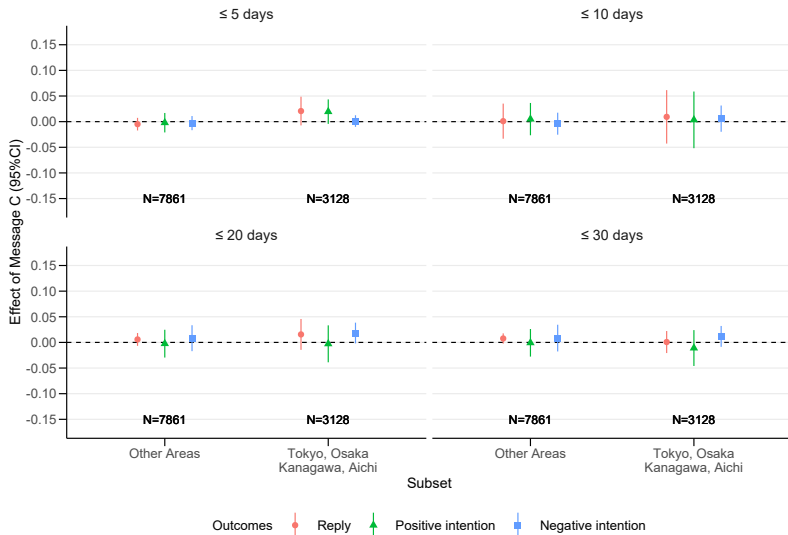
地域による効果の異質性 (1)



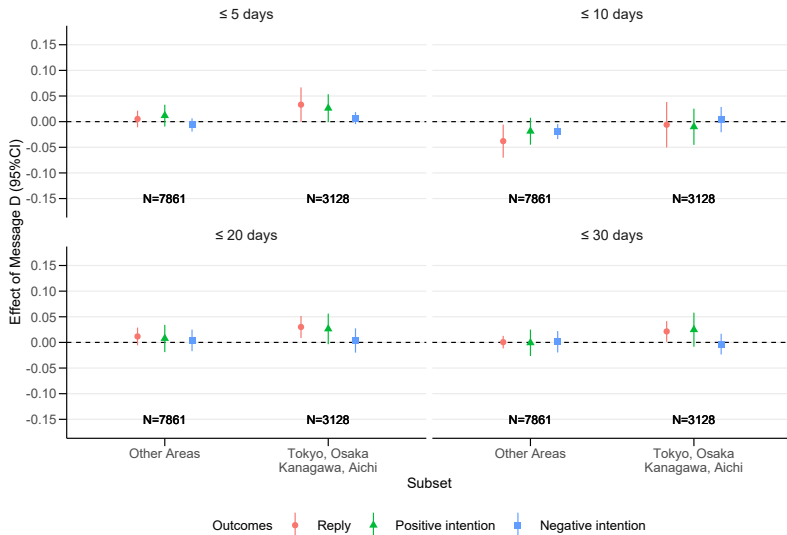
地域による効果の異質性 (2)



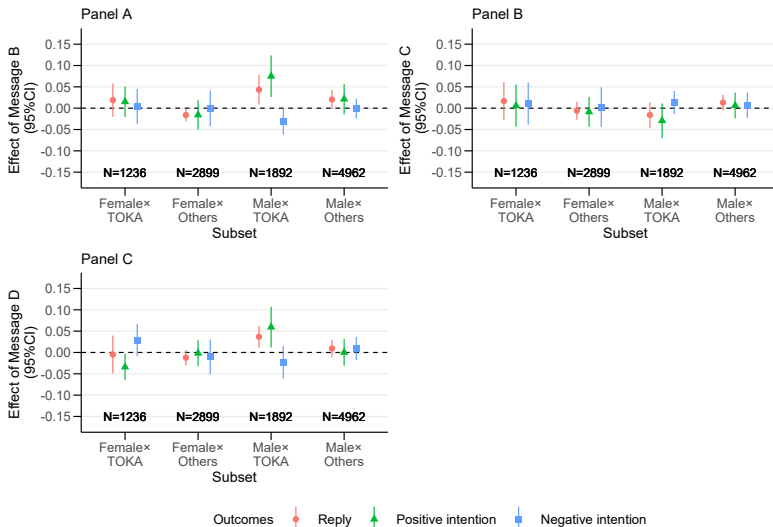
地域による効果の異質性 (3)



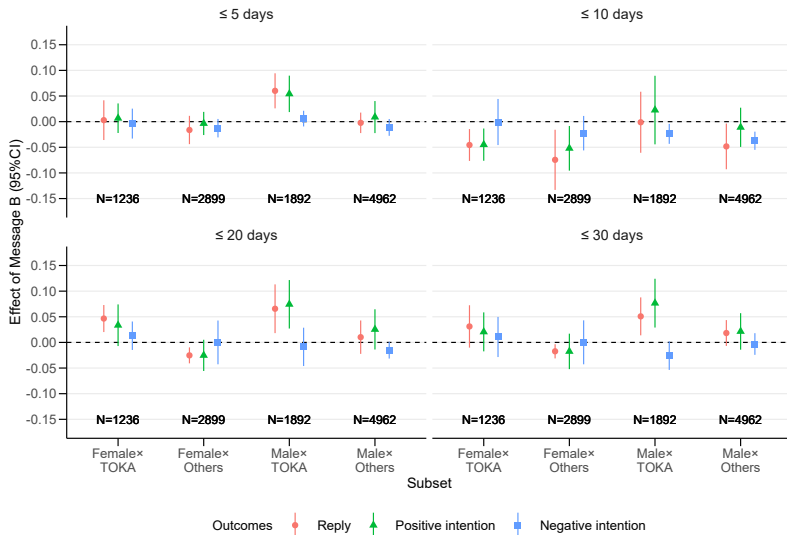
地域による効果の異質性 (4)



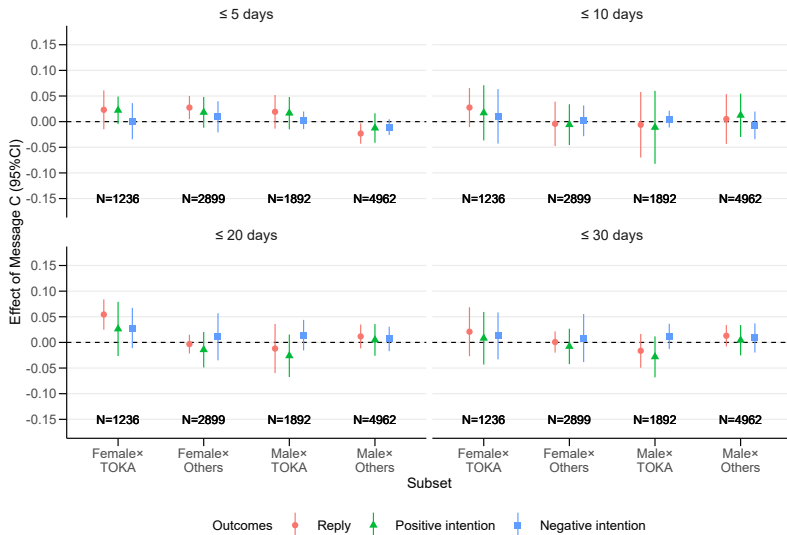
性別 × TOKA 地域による効果の異質性 (1)



性別 × TOKA 地域による効果の異質性 (2)



性別 × TOKA 地域による効果の異質性 (3)



性別 × TOKA 地域による効果の異質性 (4)

