

趣味の安定性を考慮した学級モデル

吉田 達矢^{†1} 穴田 一^{†1}

概要: 昨今の小・中・高校においていじめは生徒同士の暴力や自殺につながることもある為、社会問題となっている。教師による適切ないじめ対策行動がいじめを減らすと考えられるが、実際の教育現場においていじめ対策行動の有効性を確認する際、長期間にわたる観測を行う必要がある。そのため、いじめ対策行動を考える目的で、学級の数理モデルが研究されている。先行研究は、生徒が学級内の生徒の中から会話相手を、他の生徒とイシュー（スポーツやテレビ番組等の生徒以外の話題）から話題対象を選択し、会話を行う。その後、会話相手と話題対象に対する好感度を変化させる事で人間関係を形成する学級モデルとなっている。先行研究では、各生徒はイシューに対する好感度を変えるが、実際では、スポーツなどの趣味の好感度は変化しづらいと考えられる。そこで本研究では、趣味の安定性を考慮した学級モデルを構築し、その有効性を確認した。

キーワード: いじめ, 学級, シミュレーション

A Mathematical Model of Class Considering Stability of Hobby

TATSUYA YOSHIDA^{†1} HAJIME ANADA^{†1}

1. はじめに

昨今の小・中・高校において「いじめ」が大きな問題となっている。平成 26 年度に行われた文部科学省の調査 [1] によると、小・中・高等学校及び特別支援学校における「いじめ」の認知件数は 188,057 件(前年度より 2,254 件増)で、増加する傾向にある。さらにいじめは生徒同士の暴力や自殺に繋がることもある為、大きな社会問題となっている。教師による適切ないじめ対策行動がいじめを減らすと考えられるが、実際の教育現場においていじめ対策方法の有効性を確認する際、長期間にわたる観測を行う必要がある。そのため、いじめ対策行動の効果を確かめる目的で、学級の数理モデルが研究されている[2][3]。

先行研究は、生徒が学級内の生徒の中から会話相手を、他の生徒とイシュー（スポーツやテレビ番組等の生徒以外の話題）から話題対象を選択し、会話を行う。その後、会話相手と話題対象に対する好感度を変化させる事で人間関係を形成する学級モデルとなっている。先行研究では、各生徒はイシューに対する好感度を変えるが、実際では、スポーツなどの趣味の好感度は変化しづらいと考えられる。そこで本研究では、趣味の安定性を考慮した学級モデルを構築し、その有効性を確認した。

2. 既存研究

田中らの研究[3]の学級モデルは、ソシオン理論[4]とハイダーの認知的均衡理論[5]に基づき、モデル化している。このモデルでは生徒が学級内の生徒の中から会話相手を選択する。その後、他の生徒と生徒以外の話題から話題対象を選択し、会話を行い、ハイダーの認知的均衡理論に基づき、会話相手と話題対象に対する好感度を変化させる事で人間関係を形成する学級モデルとなっている。

2.1 ソシオン理論における人間関係

ソシオン理論とは、人間をノード、人間関係をリンクに見立て、他人に対する心情変化を社会心理学的観点から表現した理論

である。ソシオン理論では、実際の人間関係とは別に人は独自に考えた人間関係が存在する。また実際の人間関係を C ネット、個人が独自に想像する人間関係を P ネットとしている。人は他人が考えていることを正確に判断することは出来ない為、C ネットと P ネットは一致しない。

2.2 ハイダーの認知的均衡理論

ハイダーの認知的均衡理論では、自分から他者、自分から話題対象、他者から話題対象に対する関係に着目し、各関係を正（好意的な関係）負（敵対的な関係）で表す。それら 3 つの関係の積が正の時を均衡状態と呼び、自分はこの状態を維持しようとする。また、それらの積が負の時を不均衡状態と呼び、均衡状態になるように自分から他者、話題対象に対する関係を改めるという理論である。

3. 提案手法

提案手法は、田中らの研究の会話を行った際に会話相手と話題対象に対する好感度を変更し、人間関係を構築する点を参考にした。

提案手法では新たに座席、授業間の昼休み、昼食、昼休みの時間を導入し、いじめの定義を変更し、趣味に対する印象は変化しづらいと考えられるため、趣味に対する好感度は変化しないモデルを構築した。

3.1 時間割の導入

実際の学級では、生徒は授業間休みと昼食、昼休みの時間に会話をする。日に各授業の間の休み時間は 10 分で 5 回あり、昼食は 40 分、昼休みは 20 分あるのが一般的である。また、1 回会話を行うのに 5 分掛かるとすると授業間休みは 2 ターン、昼食は 8 ターン、昼休みは 4 ターンとなり、1 日は 22 ターンとなる。さらに生徒は月に 20 日登校すると仮定し、1 ヶ月を 440 ターンとする。授業間休みは時間が短い為、座席の近い生徒を会話相手に選びやすくする。昼食の時間は席を移動せず食事するとし、自分の周囲の生

^{†1} 東京都市大学
Tokyo City University.

徒を会話相手に選択する．さらに昼休みは時間が長い為、生徒は座席の位置に関わらず会話相手を選択する．

3.2 生徒の要素

5行6列の席を設け、生徒を席に着かせる．生徒*i*のPネット内における生徒uから話題対象*x*に対する好感度を l_{ux}^i 、Cネット内における生徒*i*から話題対象*x*（生徒と生徒以外の話題）に対する好感度を $l_{ix} (= l_{ix}^i)$ とする．

3.3 会話

生徒は会話相手と話題対象を選んで会話を行う．会話相手を選ぶ生徒の順番はランダムに行う．生徒は1ターンに1度のみ会話を行うものとし、会話相手を選択する際、他の生徒と会話を行う生徒を選択した時、その相手とは会話を行わず、会話相手を選択しない．また、このターンに他の生徒から会話相手として選ばれた生徒は、会話相手を選択しない．

授業間休みでは、生徒は会話相手を選ぶ際、自分が好意を寄せている生徒、自分に好意を寄せている生徒、そして席の近い生徒を会話相手に選びやすいと仮定する．授業間休みにおいて、生徒*i*が生徒uを会話相手とする確率 $q_i(u)$ を次式で定義する．

$$q_i(u) = \frac{h'(i, u) \times \left(\frac{1}{\text{dist}(i, u)} \right)^c}{\sum_{k=1}^m \left(h'(i, k) \times \left(\frac{1}{\text{dist}(i, k)} \right)^c \right)} \quad (1)$$

$$h(i, u) = l_{iu} + l_{ui}^i$$

ここで $\text{dist}(i, u)$ は、生徒*i*と生徒uの席の距離、 c は席の重みを表し、 m は生徒の総数である． $h(i, j)$ における第1項は生徒*i*が好意を寄せている生徒、第2項は生徒*i*に好意を寄せている生徒を選びやすくなることを表した項である． $h'(i, u)$ は $h(i, u)$ の値を最大値を1、最小値を0に正規化した値である．昼食は席に座り食事を行うため、周囲の生徒のみを会話相手に選択する．昼休みの時は、は授業間休みよりも時間が長い為、座席の距離に関係なく会話相手を選択するため、 $c = 0$ とする．

生徒は話題対象を選択する際、自分の想いの強い物に対して話題対象に挙げやすいと仮定する．よって生徒*i*が話題対象*x*を選択する確率 $r_i(x)$ を次式で定義する．

$$r_i(x) = \frac{|l_{ix}|}{\sum_{k=1}^{m+n} |l_{ik}|} \quad (2)$$

ここで、 n は趣味の総数である．好感度の絶対値が高ければ、話題対象に選択する確率が高くなる．

3.4 好感度の更新

生徒*i*から生徒u及び話題対象*x*に対する好感度変化量 $\Delta l_{iu}, \Delta l_{ix}$ は間接変化と直接変化の2種類によって変化し、次式で表される．

$$\Delta l_{iu} = \frac{\Delta l_{iu,1} + \Delta l_{iu,2}}{1 + k|l_{iu}|} \quad (3)$$

$$\Delta l_{ix} = \frac{\Delta l_{ix,1}}{1 + k|l_{ix}|} \quad (4)$$

ここで、 $\Delta l_{iu,1}$ 、 $\Delta l_{ix,1}$ は間接変化の変化量を表し、 $\Delta l_{iu,2}$ は直接変化の変化量を表し、1は間接変化、2は直接変化を意味している．また、好きな度合い、嫌いな度合いが強ければ好感度は変化しづらいと考えられる．よって変化のし

づらさを k で表し、好感度の絶対値が大きければ変化量が小さくなるように設定している．ただし、趣味に対する好感度は変化しないものとし、話題対象*x*が趣味の場合、話題対象*x*への変化量は0とする．

間接変化は、ハイダーの認知的均衡理論に基づくとし、会話相手と話題対象について話すことにより自分から会話相手に対する好感度と自分から話題対象に対する好感度を変える．会話相手と話題対象の好感度を更新する際、話題対象になった生徒から会話相手に対する意見も採用するとし、 $\{l_{iu}, l_{ix}, l_{ux}^i\}$ または $\{l_{iu}, l_{ix}, l_{xu}^i\}$ の2つの好感度の組み合わせからランダムに選択して好感度を変化させる．また、話題対象*x*が生徒以外の話題の時は、話題対象から会話相手に対する好感度は定義していない為、 $\{l_{iu}, l_{ix}, l_{ux}^i\}$ を用いる．ここでは $\{l_{iu}, l_{ix}, l_{ux}^i\}$ の好感度の組み合わせを例に挙げて好感度変化を説明する．3種の好感度が均衡状態の場合は以下の(5)、(6)式を用いて好感度変化量を求める．

$$\Delta l_{iu,1} = v_1 \left(\text{sign}(l_{ix} l_{ux}^i) \sqrt{|l_{ix} l_{ux}^i|} - l_{iu} \right) \quad (5)$$

$$\Delta l_{ix,1} = v_1 \left(\text{sign}(l_{iu} l_{ux}^i) \sqrt{|l_{ix} l_{ux}^i|} - l_{ix} \right) \quad (6)$$

$$\text{sign}(z) = \begin{cases} 1 & (z > 0) \\ 0 & (z = 0) \\ -1 & (z < 0) \end{cases}$$

ここで、 v_1 は間接変化による変化量の重みを表し、式(5)、(6)は均衡状態の時はこの状態を維持しようとする．次に3種の好感度が不均衡状態の場合は次の(7)、(8)式を用いて好感度変化量を求める．

$$\Delta l_{iA,1} = v_1 \left(\text{sign}(l_{iB} l_{ux}^i) \sqrt{|l_{iB} l_{ux}^i|} \right) \quad (7)$$

$$\Delta l_{iB,1} = 0 \quad (8)$$

ここで、 A, B はランダムでどちらかを生徒u、もう片方を話題対象*x*とする．不均衡状態の時は、均衡状態に近づけるように l_{iu} 、 l_{ix} のどちらか片方の好感度を維持し、もう片方の好感度を変化させる．

直接変化は、相手から自分に対する好感度を読み取り、自分から会話相手に対する好感度を変化させると仮定し、(9)式を用いて好感度変化量を求める．

$$\Delta l_{iu,2} = v_2 (l_{ui}^i - l_{iu}) \quad (9)$$

ここで、 v_2 は直接変化による変化量の重みである．(9)式は相手の好感度に近づける好感度変化を表す．

また、会話を行う度に相手の思っていることを理解すると考えられるため、 l_{ux}^i を(10)式で更新する．

$$\Delta l_{ux}^i = \alpha_p (l_{ux} + \varepsilon - l_{ux}^i) \quad (10)$$

ここで、 α_p はCネット内における会話相手から話題対象に対する好感度に近づける度合いを表し、 ε は好感度を理解した際の誤差を表している．

3.5 各リンクの更新

生徒 i から生徒 u に対する好感度 l_{iu} が友人閾値以上の時は生徒 i から生徒 u に対し友人リンクを張り、排斥閾値以下の時は排斥リンクを張る。また本モデルでは、文部科学省国立教育政策研究所の調査[6]による最も一般的ないじめとされている「陰口」をモデル化した。陰口は友人関係にある2人が、自分達が嫌いな生徒に対し行くと仮定する。本モデルでは生徒2人が相互に友人リンクを張り、1/6以上の生徒から排斥リンクを張られている生徒 j に対して排斥リンクを張っている時、この2人を加害者、生徒 j を被害者と定義する。そして加害者から被害者に対し、いじめリンクを張る。

3.6 提案手法の流れ

提案手法の流れを以下に示す。

1. 初期設定で生徒の座席、各好感度を設定する。
 2. 生徒は3.3で会話相手を選択する。
 3. 全生徒が1度会話相手を選択する機会を与えた後、会話を行い、好感度を更新する。
 4. 人間関係を更新する。
- 2.から4.までを1ターンとし、一定回数繰り返す。教師は1ヶ月に1度1回生徒の席の座標をランダムに入れ替える。

4. 結果

趣味の好感度の固定の有無による人間関係に対する効果を確認する。P ネット内における話題対象に対する好感度、C ネット内における各生徒に対する好感度を $[-0.1, 0.1]$ の1様乱数で設定する。また、C ネット内における趣味に対する好感度は平均0、標準偏差0.3の正規乱数で設定する。この時、-1よりも小さい好感度は-1に、1よりも大きい好感度は1に設定し直す。間接変化の重み v_1 を $[0.3, 0.5]$ 刻み0.1、直接変化の重み v_2 を $[0.3, 0.5]$ 刻み0.1、式(10)の好感度を近づけた際の誤差 ε を $[0.3, 0.5]$ 刻み0.1で、その他は表1に記したパラメータを用いた。表2、趣味の固定の有無による最後の1ヶ月における1ターンあたりの加害者、被害者の人数の50試行平均を比較した。

表1：実験に用いたパラメータ

シミュレーションターン	10560
試行回数	50
生徒の数： m	30
趣味の数： n	10
友人閾値	0.2
排斥閾値	-0.2
席の重み	2.4
P ネット内における生徒 u から話題対象に対する好感度	$[-0.1, 0.1]$ の1様乱数
C ネット内における各生徒に対する好感度	$[-0.1, 0.1]$ の1様乱数
好感度の取りうる値	$[-1, 1]$
会話相手選択重み： α, β	0.5
好感度の変化しづらさ： k	5
間接変化の重み： v_1	0.3
直接変化の重み： v_2	0.5
好感度を近づける重み： α_p	0.3
好感度を近づけた際の誤差： ε	$[-0.5, 0.5]$ の1様乱数

表2：いじめの加害者、被害者の人数

	被害者	加害者
趣味の好感度 固定なし	0.00	0.00
趣味の好感度 固定あり	0.52	1.21

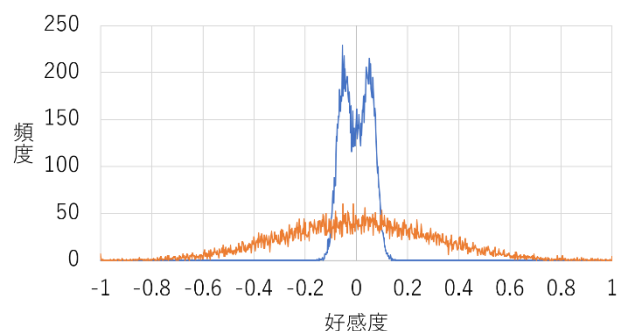
表2より、趣味の好感度を固定しなかった場合、いじめは発生せず、趣味の好感度を固定した場合、いじめは発生した。表3で、最終ターンにおけるいじめに関わる可能性のある相互に友人リンクを張っている生徒の組数と1/6以上の生徒から排斥リンクを張られている生徒の人数の50試行平均を比較した。

表3：いじめに関わる可能性のある人数

	相互に 友人リンク(組)	1/6以上 排斥リンク(人)
趣味の好感度 固定なし	1.46	0.00
趣味の好感度 固定あり	14.50	1.36

表3より、趣味の好感度を固定しなかった場合、いじめが発生する条件を満たさなかったため、いじめが発生しなかった。

図1で、50試行最終ターン時における趣味の固定の有無による趣味に対する好感度分布を比較した。



—趣味の好感度の固定なし —趣味の好感度の固定あり

図1：趣味の固定の有無による趣味の好感度分布
横軸は好感度、縦軸は頻度を表しており、青色は最終ターン時における趣味の好感度を固定しなかった場合の趣味に対する好感度分布を表しており、橙色は、趣味の好感度分布を表している。

図1より、趣味の好感度を固定した場合と比べて、趣味の好感度を固定しなかった場合、趣味に対する好感度分布が中心になることが確認できた。図2で、50試行最終ターン時における趣味の好感度の固定の有無による各生徒に対する好感度分布を比較した。

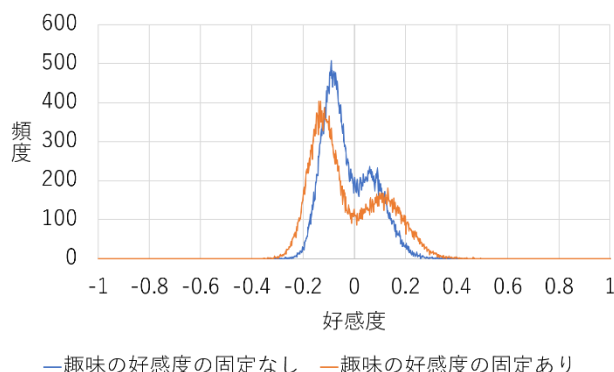


図2：趣味の固定の有無による各生徒の好感度分布
横軸は好感度，縦軸は頻度を表しており，青色は最終ターン時における趣味の好感度を固定しなかった場合の各生徒に対する好感度分布を表しており，橙色は，最終ターン時における趣味の好感度を固定した場合の各生徒に対する好感度分布を表している。

図2より，趣味の好感度を固定しなかった場合と比べて，趣味の好感度を固定した場合，生徒に対する好感度分布の幅が広がり，好感度の絶対値の大きい値を取るようになった。

趣味の好感度を固定した時，どういった生徒同士が友人関係または排斥し合っているのかを確認する為に図3で，ある1試行最終ターン時における互いに友人リンクを張っている1組の生徒同士の趣味の好感度を比較した。

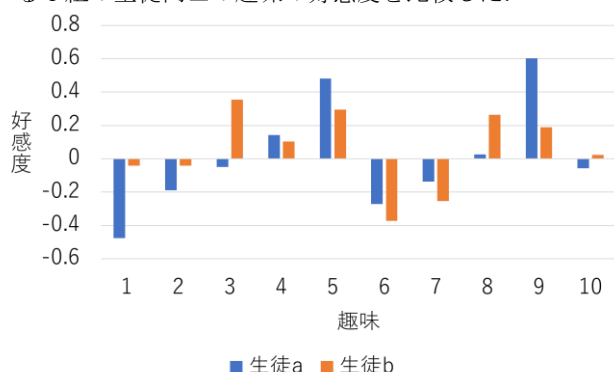


図3：友人同士の趣味に対する好感度
横軸は好感度，縦軸はシミュレーション内における趣味の通し番号を表しており，青色の棒グラフは，最終ターン時におけるある生徒の趣味に対する好感度をしており，橙色の棒グラフは，最終ターン時における他の生徒の趣味に対する好感度を表している。

図3より，友人同士の趣味に対する好感度は似通ったものであると言える，他の友人同士の趣味に対する好感度も確認したところ，同様に趣味に対する好感度は似通ったものであった。また図4で，ある1試行最終ターン時における互いに排斥リンクを張っている1組の生徒同士の趣味の好感度を比較した。

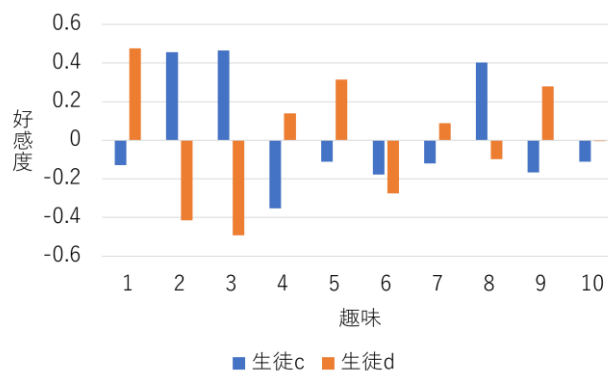


図4：排斥し合っている生徒同士の趣味に対する好感度
横軸は好感度，縦軸はシミュレーション内における趣味の通し番号を表しており，青色の棒グラフは，最終ターン時におけるある生徒の趣味に対する好感度をしており，橙色の棒グラフは，最終ターン時における他の生徒の趣味に対する好感度を表している。

図4より，排斥し合っている生徒同士の趣味が合っていないものであると言える，他の排斥し合っている生徒同士の趣味に対する好感度も確認したところ，同様に趣味が合っていないことが確認できた。さらに表4で，50試行最終ターン時におけるすべての友人同士の趣味の好感度の相関と，すべての排斥し合っている生徒同士の趣味の好感度の相関を確認した。

表4：趣味に対する好感度の相関

	相互に 友人リンク	相互に 排斥リンク
相関	0.33	-0.25

表4より，相互に友人リンクを張っている生徒同士の趣味の好感度には正の相関があり，排斥し合っている生徒同士の趣味の好感度には弱い負の相関がみられた。実際では，趣味の合うもの同士が友達になりやすい為，この点においては現実に近いと言える。

5. 考察

趣味の好感度を固定した場合と比べて，趣味の好感度を固定しなかった場合，趣味に対する好感度分布が中心によってしまったその原因は，式(6)が原因だと考えられる。これはシミュレーションの開始時，P ネット内における生徒uから話題対象に対する好感度は $[-0.1, 0.1]$ の一樣乱数で設定しており，式(6)を用いて，好感度の絶対値の大きい趣味の好感度を更新する際，自分から会話相手に対する好感度と，自分のP ネット内の会話相手から趣味に対する好感度の幾何平均に近づくため，好感度の絶対値の大きい趣味は好感度の絶対値が小さくなってしまふ。

次に，趣味の好感度を固定しなかった場合と比べて，趣味の好感度を固定した場合，生徒に対する好感度分布の幅が広がり，好感度の絶対値の大きい値を取るようになったその原因は，趣味に対する好感度と，式(5)が原因だと考えられる。式(5)は自分から生徒に対する好感度 l_{iu} を，自分から話題対象に対する好感度 l_{ix} と，自分のP ネット内の会話相手から話題対象に対する好感度 l_{ux} の幾何平均に近づける。自分から趣味に対する好感度の絶対値の値が大きい場合， l_{iu} の絶対値は大きくなりやすいが，自分から趣味に対する好感度の絶対値が小さい場合， l_{iu} の絶対値は大きくな

りづらい。趣味に対する好感度は図 1 より、趣味の好感度を固定しなかった場合と比べて、趣味の好感度を固定した場合、趣味に対する好感度分布は横に広がり、絶対値の大きな値を取る。このことから l_{iu} の絶対値は大きくなったと考えられる。実際の学級では凄く好きな生徒と凄く嫌いな生徒がいると考えられる為、好感度分布の幅が広がった点は現実に近いと言える。

6. 今後の課題

提案手法で、趣味に対する好感度の変化量を固定した時、趣味の合うもの同士で友人関係を築き、趣味の合わないもの同士は排斥しあうことが確認できた。現実も趣味の合う者同士が友人になると考えられるので、この点においては現実に近いと言える。しかし、どのような座席の位置関係の生徒が友人関係にあるのか確認できておらず、その友人関係がどれくらいの期間続くのか確認できていない。また、実際の学級では好感度が 1 に近いような、凄く好きな生徒がいると考えられるが、提案モデルでは確認出来なかった。また、現実では会話相手を選択する際、話題の合う生徒を会話相手に選びやすいと考えられるが、それが考慮されていない。よって、今後は会話相手の選択方法を見直し、より現実に近い学級モデルを構築し、いじめを減らすいじめ対策行動を考えていきたい。

参考文献

- [1] 文部科学省: 平成 26 年度「児童生徒の問題行動等 生徒指導上の諸問題に関する調査」における「いじめ」に関する調査について, 2015
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/27/10/_icsFiles/afieldfile/2015/11/06/1363297_01_1.pdf
- [2] 小泉康治, 鳥海不二夫, 石井健一郎: 学級における教師のいじめ対策行動のマルチエージェントシミュレーション, 人工知能学会研究会資料 Vol.77, pp99-107, 2007.
- [3] 田中恵海, 高橋謙輔, 鳥海不二夫, 藤原俊治: 学級のいじめ問題を題材とする工学的シミュレーションとその課題, 除法処理学会論文誌数理モデル化と応用 vol3 No.1 pp98-108(Jan.2010), 2010.
- [4] 前澤 等: ソシオン理論: 心と社会の基礎科学, 北王子書房, 2006.
- [5] 太田垣瑞一郎: 現代心理学, 八千代出版, 1988.
- [6] 文部科学省国立教育政策研究所: いじめ追跡調査 2013-2015 いじめ Q&A, 2016.