

社会的影響の移動モデル

高木英至(埼玉大学, 名誉教授)

次のサイトで関連資料, デモプログラムを掲示しています.
<http://eiji-takagi.la.coocan.jp/>

研究目的

- 社会的影響モデル(改宗モデル)を改変して移動モデルを作成する
- 移動モデルが予測するセル空間のエージェント分布が改宗モデルによる予測と類似するか否かを検証する

元来の社会的 影響モデル

- Dynamic Social Impact Theory (DSIT) Latane, Nowakら
- 何をしたか？
 - 思考実験：社会的影響だけで何が生じるか？
 - シミュレーション（計算実験）により設定した条件での均衡を求める
- 状況設定
 - 2 値的な意見のセル（行為者）からなる平面空間
 - セル間に相互的影響，空間位置に近いほど影響力は強い
 - 異なる意見の影響が強ければ意見が変化する(改宗)
- シミュレーション結果の意味
 - 同じ意見のクラスタに行為者は固まる
 - 社会的影響によって多数派は増え，少数派は減る

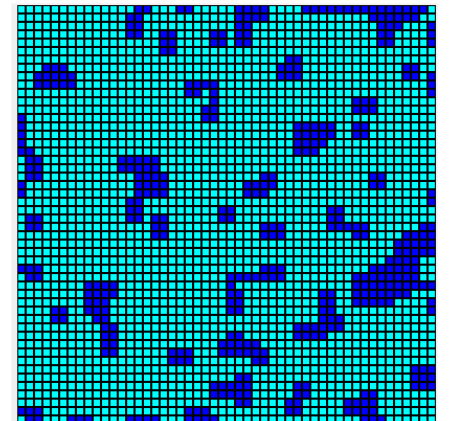


図 1：セル空間の例：Nowak & Latané (1994)などに準拠したプログラムから再現

社会的影響モデルの改編

- ・ 高木(2020ab) : 意見間距離を導入した社会的影響モデル
- ・ 3つ以上の意見を扱えるようにする
- ・ 意見間に距離を定義できる
- ・ そのための意見変化メカニズムの改編
 - ・ 意見の異なる他者が存在すると行為者にストレスstressが生じると仮定
 - ・ ストレス最小(適応値最大)の意見を採用すると仮定

セル i が意見 k を採用する適応度 $z_i(k)$ は,

$$z_i(k) = \sum_{j \in A, j \neq i} \frac{C - s_j(k)}{d_{ij}^n} \quad [1]$$

A : 全セルの集合, C : 定数,

$s_j(k)$: セル j の意見と意見 k との間のストレス

d_{ij} : ij 間のセル空間の距離,

n は空間距離にかかるべき指数 ($n = 4$).

n が大きいほど影響のローカル度が高い.

- ・ 以下, このモデルを単に「社会的影響モデル (改宗モデル)」と呼ぶ

社会的影響 モデルが導く 影響の様相

- ・ 1次元の意見(1~5, 等間隔)でのシミュレーション
- ・ 条件によって, 次の「歩み寄り(中間的意見への収斂)」, 「極性化」, 「両極化」が生じ得る

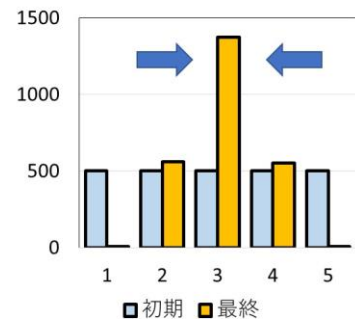


図1: 歩み寄りのケース (比例のstress関数, 閾値係数 0.5)

- 歩み寄り(中間的意見への収斂)
- ・ 偏らない意見分布で広く生じる

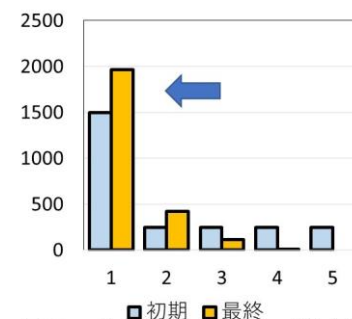


図2: 極性化のケース (比例のstress関数, 閾値係数 0.5)

- 極性化
- ・ 傾斜した初期分布
 - ・ ストレス関数が逓増的以外

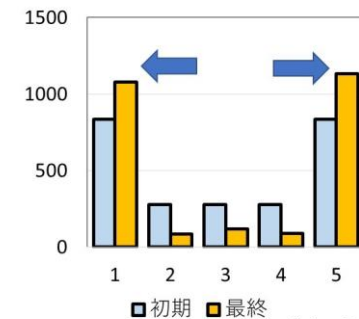


図3: 分断のケース (強逓減のstress関数, 閾値係数 0.5)

- 分断(両極化)
- ・ 両極化した初期分布
 - ・ ストレス関数が逓減的

図2: 社会的影響による意見度数の変化

- ・ 社会的影響によって意見の初期分布が持っている傾向を増幅されると考えられる.

社会的影響 モデルが導く 集団間関係の 様相

- ・ 「集団」とは「意見集団」
- ・ 元来のDSITの予測に加え，次の帰結が予測された(高木,2020a,b)
- ・ 初期の多数派比率を一定にして，少数派の集団数が増えるほど少数派合計の最終的比率は低下する
- ・ 集団は一定の凝集性(自己隣接傾向)を示す
- ・ 集団凝集性は規模が小さい集団ほど大きい
- ・ 少数派間に隣接傾向が生じやすい
- ・ 意見距離の近い集団は隣接しやすい
- ・ など

「改宗」でなく 「移動」により クラスタ化する とき

- 社会的影響モデルではエージェントの改宗(conversion)でクラスタ化が生じる。しかし、社会的影響を前提にエージェントが移動(migration)してもクラスタ化は生じるだろう。
- [例] 郊外に保守的な人が多い
 - 改宗モデル：郊外に住むと周囲の影響で保守的になる
 - 移動モデル：保守的な人が郊外を選ぶ
- 過去の移動モデルの例
 - Sakoda(1971), Schelling(1971), Epstein & Axtell (1996).
 - 隣人が一定の同類比率となる場所に移動することで分居(Segregation)が生じる
- 移動モデルの利点：集団標識が人種／民族のような生得的属性(短期的には変化しない)である場合にも拡張できる

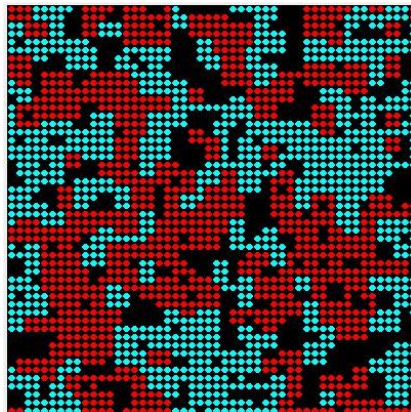


図3：Epstein & Axtell (1996)モデルの再現
(隣接同類率50%基準を適用したとき)

社会的影響の 移動モデル

- 社会的影響の移動モデルは改宗モデルから作成可能
 - 改宗モデル：ストレスが低い(適応値が高い)意見に変化する
 - 移動モデル：ストレスが低くなる(適応値が高まる)場所に移動する
- エージェントの設定
 - 改宗モデルの「意見変化手続き」を「セル間移動手続き」に取り換える。他は改宗モデルと同一。
 - エージェントは他のエージェントから，立場間距離に応じてストレスを受ける，と仮定。
 - エージェントは，探索範囲内で，適応値最大(ストレス最小)のセルに移動する，と仮定。
- セル空間
 - 各エージェントは別個の1つのセルに位置を占める。
 - エージェントがセル間を移動できるよう，セル空間に一定数の空白セルを置く

本研究での移動モデルの条件設定

- エージェント
 - エージェント数2500
 - 集団の立場間距離は、特別な場合を除いて同一.
 - エージェントは、探索範囲内で、適応値(ストレスの小ささ)最大のセルに移動する.
 - 探索範囲条件：
 - 小(距離 3 以内)
 - 中(距離 9 以内)
 - 大(空間全体)

Local検索

Global検索
- セル空間
 - 3025(55×55)のセル空間
 - 約17%が移動用の空白セル
 - Torus
 - ブロック距離を仮定
 - 最も近いセル(隣接セル)との距離は 1
- 集団数：条件により 2 ～ 4 集団
- 観測指標
 - クラスタ
 - 同じ立場のセルの集合であり、同じクラスタ内の他のセルと距離₁で隣接しているセルの集合
 - 集団別のクラスタ数
 - 集団別の平均クラスタ規模
 - 隣接係数(c_{ij})：
 - 集団 ij 間の隣接の程度
 - 偶然と等しく隣接: $c_{ij}=1$
 - 偶然より隣接多: $c_{ij}>1$
 - 偶然より隣接少: $c_{ij}<1$
 - c_{ii} :自己隣接係数(集団凝集性の度合い)

移動モデルの予測は改宗モデルと類似するか？

集団間関係の予測では、改宗モデルと移動モデルを比較できる

移動モデルの予測で成り立つのが自明な事柄

- ・ エージェントが集団ごとにクラスタをなす(改宗モデルと共通)
- ・ 探索範囲が大きいほどエージェントは大きなクラスタとしてまとまる(移動モデルだけで該当)
- ・ 少数派間の隣接傾向は移動モデルでは成り立たない(改宗モデルとの相違)
 - ・ 改宗モデル：少数派は、他の少数派と隣接するとき、多数派の圧倒的な影響を小さくできる(多数派への改宗を避けられる)
 - ・ 移動モデル：少数派は、他の少数派と隣接してもストレスを低減できない

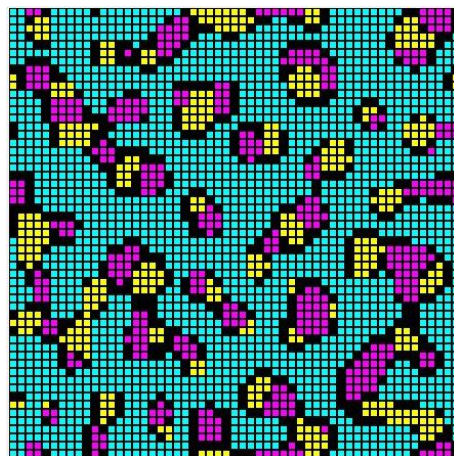
改宗モデルと移動モデルで類似の予測が観察できるかを検討できる事項

- ・ 少数派集団ほど多くのクラスタに分かれる
- ・ 少数派集団ほど自己隣接しやすい(凝集性が高い)
- ・ 立場の距離が近い集団が隣接するような空間配置が生じる
- ・ 多数派からの「差別」があると少数派集団のクラスタは大きくなる
- ・ 影響力がグローバルであるとき、集団は大きなクラスタを作る

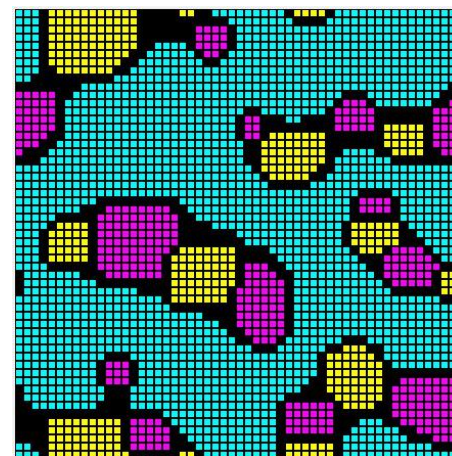
分析 1

モデルの基本挙動の確認

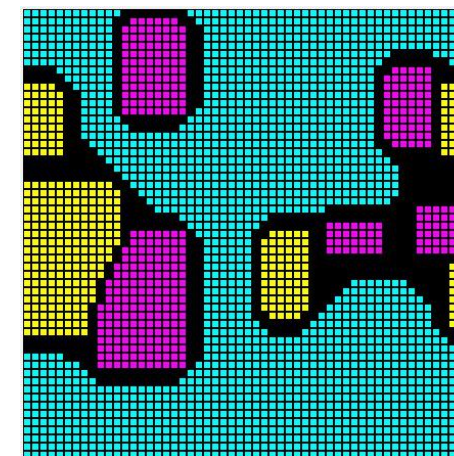
- 方法
 - 2 集団, 3 集団, 4 集団の状況で探索範囲要因(小/中/大)要因を導入してシミュレーションを行う.
 - 2500のエージェントで集団所属と位置をランダムに決める
 - 各集団条件で, 多数派を0.7, 少数派の合計を0.3で決める
 - 少数派集団は何れも等確率 例: 3 集団では 0.7/0.15/0.15の確率
 - 条件ごとに20試行を実施
- どの集団条件でも, エージェントは集団ごとにクラスタ化する



探索範囲小



探索範囲中



探索範囲大

図 4 : 3 集団での空間布置例

(水色: 多数派セル, 黄色: 少数派 1 セル,
ピンク: 少数派 2 セル, 黒: 空白セル)

分析 1
(続き)

- クラスタの数と規模
 - 多数派はどの検索条件でもほぼ1つのクラスタにまとまる
 - 少数派は小さなクラスタに分かれる
 - 検索範囲が大きいほど大きい少数のクラスタにまとまる
- 隣接係数
 - 自己隣接係数は1より大であり，自己隣接傾向(凝集性)が確認できる
 - 少数派は多数派より凝集性が高い
 - 少数派間の隣接傾向は，特殊な条件(後述)のときを除けば確認できない
 - 検索範囲が大きいほど，自己隣接傾向は高まり，集団間の隣接傾向は低下する
- 自明な予測は成り立つと確認できる

表 1：クラスタの数と規模
(3 集団条件)

平均クラスタ数			
探索範囲	多数派	少数派 1	少数派 2
小	1.1	44.2	44.0
中	1.0	12.8	12.0
大	1.0	3.1	3.0

平均クラスタ規模			
探索範囲	多数派	少数派 1	少数派 2
小	1704.3	8.6	8.5
中	1744.8	30.4	31.9
大	1756.5	173.8	165.6

表 2：隣接係数の平均 (3 集団条件)

探索範囲小

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2
空白セル	1.12			
多数派	0.78	1.28		
少数派1	1.43	0.51	2.71	
少数派2	1.43	0.50	0.97	2.76

探索範囲中

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2
空白セル	1.71			
多数派	0.59	1.48		
少数派1	1.47	0.17	4.83	
少数派2	1.44	0.16	0.30	5.03

探索範囲大

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2
空白セル	3.25			
多数派	0.35	1.61		
少数派1	0.95	0.28	6.61	
少数派2	0.96	0.27	0.05	6.65

分析 2

少数派集団に関する追加分析

- 追加のシミュレーション 1
 - 3 集団条件：比率 7 割， 2 割， 1 割の集団
 - 少数派であるほど， クラスタ数は多く， 平均クラスタ規模は低下する

表 3：追加シミュレーション 1
でのクラスタの数と規模
平均クラスタ数

探索範囲	7 割集団	2 割集団	1割集団
小	1.2	40.2	42.9
中	1.0	11.6	12.8
大	1.0	3.1	2.9

平均クラスタ規模

探索範囲	7 割集団	2 割集団	1割集団
小	1624.7	12.5	5.7
中	1747.5	44.9	19.4
大	1759.7	195.1	107.4

- 少数派であるほど自己隣接係数は高い

表 4：追加シミュレーション 1 での隣接係数の平均

探索範囲小

	空白セル	7 割集団	2 割集団	1 割集団
空白セル	1.14			
7 割集団	0.78	1.28		
2 割集団	1.36	0.46	2.52	
1 割集団	1.59	0.54	0.97	3.11

探索範囲中

	空白セル	7 割集団	2 割集団	1 割集団
空白セル	1.76			
7 割集団	0.59	1.49		
2 割集団	1.26	0.13	4.06	
1 割集団	1.80	0.19	0.32	6.45

探索範囲大

	空白セル	7 割集団	2 割集団	1 割集団
空白セル	3.22			
7 割集団	0.35	1.61		
2 割集団	0.88	0.02	5.08	
1 割集団	1.15	0.03	0.07	9.59

分析 2 (続き)

- 追加のシミュレーション 2
 - 2 集団条件で少数派 2 割と 1 割の試行を追加
 - 少数派であるほど，クラスタ数は多く，平均クラスタ規模は低下する
 - 少数派の自己隣接係数は高い

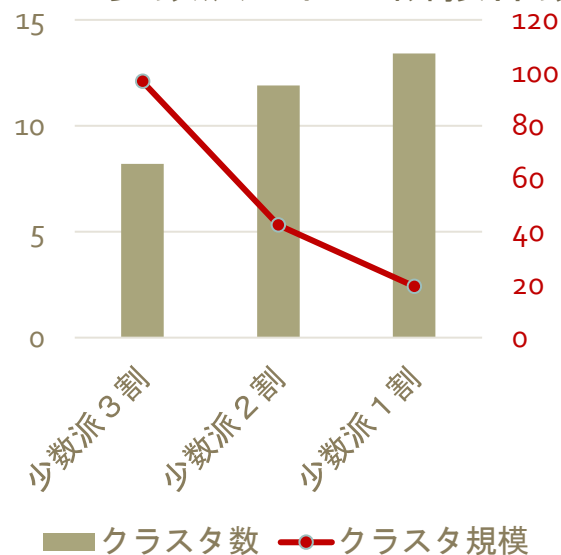


図 5 : 少数派のクラスタの数と規模

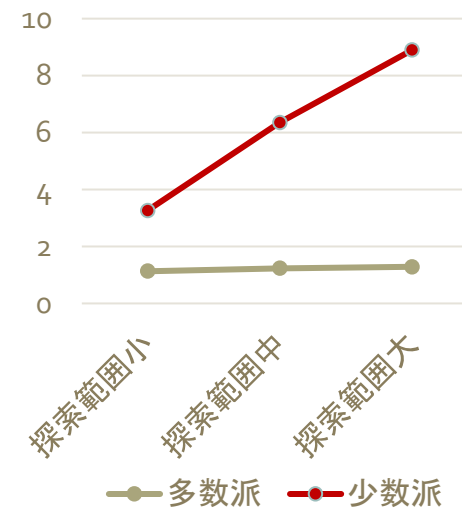


図 6 : 多数派と少数派の自己隣接係数

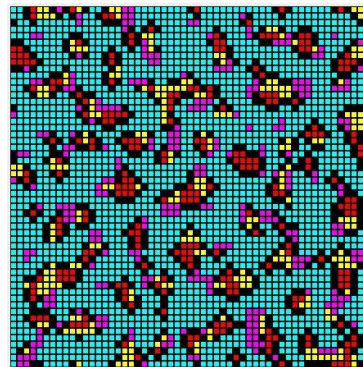
- 分析 1, 2 を合わせて考えると
 - 少数派であるほど，クラスタ数は多く，平均クラスタ規模は低下する
 - 少数派の自己隣接係数は高い

分析 3

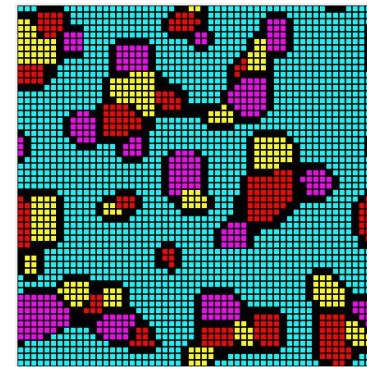
立場間の距離に基づく
空間配列

- 追加のシミュレーション 3
 - 4 集団条件：多数派(7 割), 少数派 1 ～少数派 3 (各 1 割)
 - 多数派, 少数派 1, 少数派 2, 少数派 3 の順に, 各々の立場が 1 次元上に等間隔で位置する, と仮定
- 結果：距離が近い集団間で, 相対的に隣接係数が高い(改宗モデルと同様)

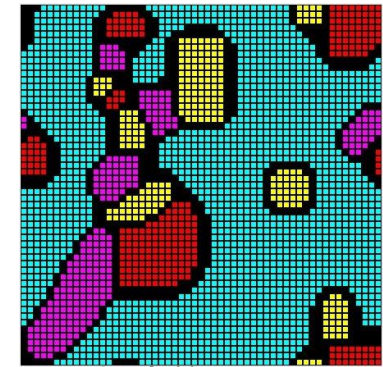
表：追加シミュレーション 1 での
のクラスタの数と規模



探索範囲小



探索範囲中



探索範囲大

図 7：シミュレーション 3 での空間布置例

(水色：多数派, 黄色：少数派 1, ピンク：少数派 2, 赤：少数派 3, 黒：空白セル)

表 5：追加シミュレーション 3 での隣接係数の平

探索範囲小

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2	少数派3
空白セル	1.08				
多数派	0.86	1.17			
少数派1	0.95	0.88	1.92		
少数派2	1.34	0.62	1.21	2.19	
少数派3	1.58	0.64	0.86	1.61	1.89

探索範囲中

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2	少数派3
空白セル	1.41				
多数派	0.64	1.43			
少数派1	1.42	0.30	6.01		
少数派2	1.53	0.21	0.65	5.86	
少数派3	1.69	0.21	0.38	0.89	5.83

探索範囲大

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2	少数派3
空白セル	2.84				
多数派	0.39	1.59			
少数派1	1.06	0.08	9.07		
少数派2	1.19	0.03	0.20	9.19	
少数派3	1.22	0.02	0.07	0.18	9.21

分析 4

差別の効果

- 追加のシミュレーション 4
 - 多数派から少数派への差別を導入する
 - 差別：立場間距離を非対称にして、多数派が少数派に多くストレスをかけるように操作する
 - 高木(2021)：改宗モデルで差別を導入すると、少数派クラスタの規模が増大した(少数派がまとまった)
 - 同じ効果が移動モデルで生じるか？
 - 結果：生じない。差別があると、少数派のクラスタ数はむしろ増え、クラスタ規模は低下した(下表)

表 6：集団別の平均クラスタ規模

(a) 多数派からの差別なし(分析 1)					(b) 多数派からの差別あり				
探索範囲	多数派	少数派1	少数派2	少数派3	探索範囲	多数派	少数派1	少数派2	少数派3
小	1529.43	5.64	5.35	5.63	小	1576.28	4.03	3.95	4.20
中	1660.93	19.94	19.56	20.68	中	1704.38	18.64	18.20	17.85
大	1742.45	104.91	116.27	92.61	大	1752.15	93.69	75.87	75.00

補足

少数派間の隣接が生じるとき

- 分析 1 では少数派間の隣接(隣接係数が 1 より大)はほとんど生じなかった
- 観測された例外（少数派間の隣接が生じた場合）
 - 1) 4 集団で探索範囲が小のとき(分析 1)
 - 2) 4 集団で探索範囲が小, さらに差別があるとき(分析 4)
 - 少数派間の 2 つの隣接係数は 1.0 より有意に大きい

表 7 : 少数派間隣接が生じるときの隣接係数

(a) 分析 1, 4 集団, 探索範囲小

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2	少数派3
空白セル	1.12				
多数派	0.75	1.28			
少数派1	1.50	0.53	2.96		
少数派2	1.48	0.54	1.14	3.01	
少数派3	1.50	0.53	1.11	1.10	2.98

(b) 分析 4 (差別あり), 4 集団, 探索範囲小

	空白セル	多数派	少数派1	少数派2	少数派3
空白セル	1.05				
多数派	0.82	1.27			
少数派1	1.40	0.51	2.38		
少数派2	1.38	0.52	1.61	2.37	
少数派3	1.39	0.50	1.63	1.62	1.89

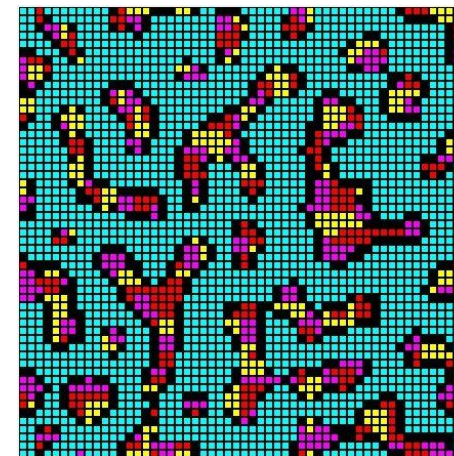
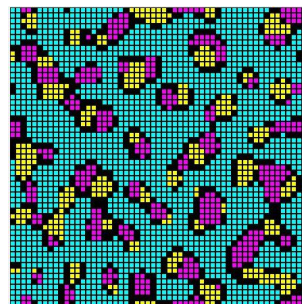


図 8 : 4 集団のセル空間
(分析 4, 探索範囲小, 差別あり)

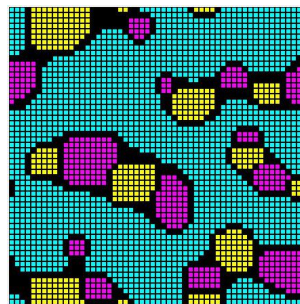
- 少数派間隣接の想定される条件
 - 少数派規模が十分小さい(e.g., 4 集団条件)
 - セル空間の人口密度が高い(空白セルが不足する)
 - 人口密度を低くすると少数派間隣接は消えた
- 少数派は多数派の隙間にある空白セルに吐き出される. 特に差別があるとき, 少数派はその隙間に密集する

分析 5 グローバルな影響

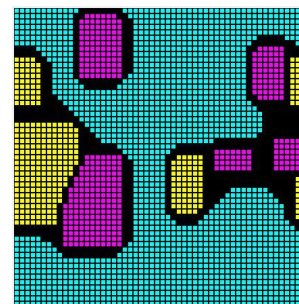
- p.4, [1]式の n : この研究ではデフォルトで $n=4$
 - $n=4$: 影響がローカル. エージェントへの影響は近い周囲が中心
 - n が4より小 : 影響がグローバル. 距離のある他者からの影響の比重が増す
 - 筆者の改宗モデルでの試行では, 影響をグローバルにすると少数派は消滅しやすい. しかし複数集団のセルが残るなら, 各集団のセルは大きなクラスタに集約される
 - $n<4$ としたとき, 移動モデルで集団ごとに大きなクラスタができるか?
- 移動モデルでも, グローバルな影響($n=2$)の下では大きなクラスタが出来やすい (追加のシミュレーション5) .



探索範囲小

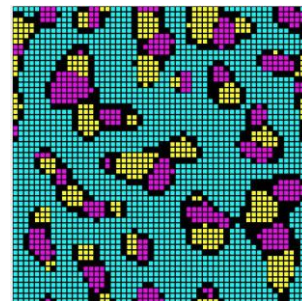


探索範囲中

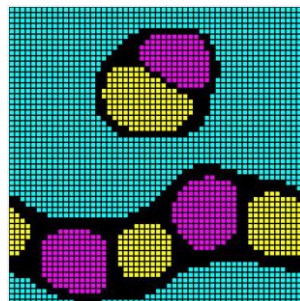


探索範囲大

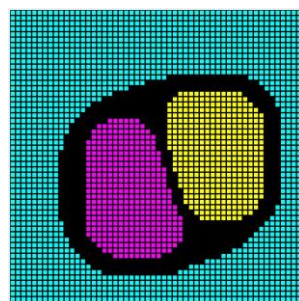
図9 : 3 集団での空間布置例(ローカルな影響)



探索範囲小



探索範囲中



探索範囲大

図10 : 3 集団での空間布置例(グローバルな影響)

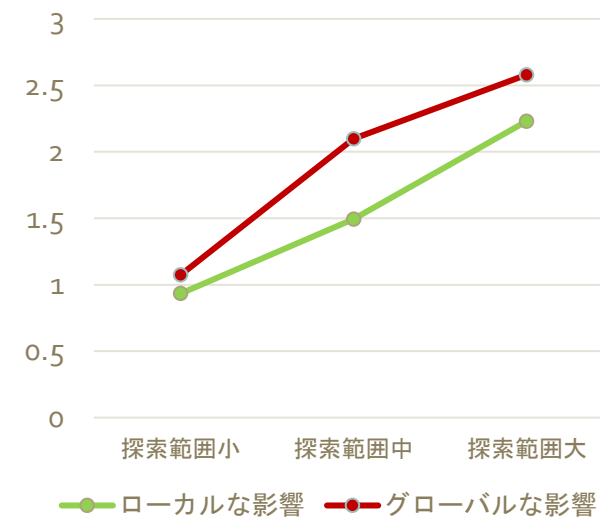


図11 : 少数派のクラスタ規模の平均
(縦軸は少数派クラスタ規模の平均の自然対数)

結果のまとめ

- 自明な予測の確認ができた(分析 1)
 - エージェントは集団ごとにクラスタをなす
 - 探索範囲が大きいほどエージェントは大きなクラスタにまとまる
 - 少数派間の隣接傾向は移動モデルでは成り立たない
 - 特別な場合は別(p.17の補足)
- 改宗モデルと類似した次の効果が確認できた
 - 少数派集団ほど多くのクラスタに分かれる(分析 2)
 - 少数派集団ほど自己隣接しやすい(凝集性が高い, 分析 2)
 - 立場の距離が近い集団が隣接するような空間配置が生じる(分析 3)
 - 影響力がグローバルであるとき, 集団は大きなクラスタを作る(分析 5)
- 次の効果は確認できなかった(分析 4)
 - 多数派からの「差別」があると少数派集団のクラスタは大きくなる(分析 4)
 - 改宗モデルで差別の効果があると判断したのが不適切であった可能性

考察

- 少数派集団は移動モデルでも自己隣接傾向が高い。なぜか？
 - 試行初期値のランダムな空間配置では、自己隣接係数、集団間隣接係数は、理屈通り、すべて1.0の近傍にある
 - シミュレーション試行(移動)とともに自己隣接係数は1.0より高まり、集団間隣接係数は(特別な場合を除いて)1.0より低下する
 - 少数派であるほど自己隣接係数が高いことは、改宗モデルでは理解しやすい
 - Survival説：同類で相互支持できない部分は生き残れない(改宗する)
 - なぜ移動モデルで少数派の自己隣接傾向が高いか？
 - 思いつく説明：クラスタが同類で相互支持できる格好(配置)を移動で達成できる。少数でも同類で集まれば確率的な達成度は高い。
- 移動モデルが予測する空間配置のヴァリエーション
 - 対極的な空間配置
 - 1) 集団ごとに1つのクラスタに集約される場合
 - 2) 同じ集団のセルのクラスタがいろんな場所に、ローカルな核として散在する場合
 - 成立条件
 - 1) は「検索範囲がグローバル」and「影響がグローバル」
 - 2) は「検索範囲がローカル」or「影響がローカル」
 - 本モデルからは条件によりどちらも予測できる

引用文献

- Epstein, J.M. & Axtell, R. (1996). *Growing Artificial Societies*. Cambridge: The MIT Press.
- Latané, B., Nowak, A. & Liu, J.H. (1994) Measuring emergent social phenomena: Dynamism, polarization, and clustering as order parameters of social systems. *Behavioral Science*, 39, 1-24.
- Latané, B. & L'Herrou, T. (1996) Spatial clustering in the conformity game: Dynamic social impact in electronic groups. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 1218-1230.
- Latané, B. & Wolf, S. (1981). The social impact of majorities and minorities. *Psychological Review*, 88, 438-453.
- Nowak, A., Szamrei, J. & Latané, B. (1990). From private attitude to public opinion: A dynamic theory of social impact. *Psychological Review*, 97, 362-376.
- Nowak, A. & Latané, B. (1994). Simulating the emergence of social order from individual behaviour. In N. Gilbert & J. Doran (Eds.) *Simulating Societies*. London: UCL Press, Pp.63-84.
- Sakoda, J.M. (1971). The checkboard model of social interaction. *Journal of Mathematical Sociology*, 1, 119-132.
- Schelling, T.C. (1971). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1, 143-186.
- 高木英至 (2020a) 「社会的影響の意見間距離モデル」, 『埼玉大学紀要 (教養学部)』, 第55巻第2号, 73-93.
- 高木英至 (2020b) 「歩み寄り, 極性化, 分断: 意見間距離を導入した社会的影響モデル」, 『日本社会心理学会第61回大会発表論文集』, 134.
- 高木英至 (2021) 「集団間関係への社会的影響モデルの視点」, 『埼玉大学紀要 (教養学部)』 第56巻第2号, 75-