

混生社会指標：コミュニケーションシミュレーションに基づく組織構造の比較

Mixbiotic society measures:
Comparison of Organizational Structures Based on Communication Simulation

加藤 猛^{1*}・宮越 純一¹・松村 忠幸²・工藤 泰幸¹・嶺 竜治¹・水野 弘之²・出口 康夫³

Takeshi Kato^{1*}, Jyunichi Miyakoshi¹, Tadayuki Matsumura², Yasuyuki Kudo¹, Ryuji Mine¹,
Hiroyuki Mizuno², Yasuo Deguchi³

¹ 京都大学 オープンイノベーション機構 日立京大ラボ

Hitachi Kyoto University Laboratory, Open Innovation Institute, Kyoto University, Kyoto, Japan

² 日立製作所 研究開発グループ 基礎研究センタ 日立京大ラボ

Hitachi Kyoto University Laboratory, Center for Exploratory Research, Research & Development Group,
Hitachi, Ltd., Tokyo, Japan

³ 京都大学 文学研究科 哲学専修

Department of Philosophy, Graduate School of Letters, Kyoto University, Kyoto, Japan

* 責任著者

Corresponding author

E-mail: kato.takeshi.3u@kyoto-u.ac.jp (TK)

要 旨

哲学界では、社会的な孤立や分断という課題の解決に向けて、共生社会をさらに推し進めた混生社会（多様な価値観を持つ自遊な個人が混ざって混むことで互いを認め合い連帯へ昇華していく社会）という概念が提示されている。そして、この概念に基づいて、従来の静的ネットワーク分析に代わり、生命現象を模したセルラオートマトンや粒子反応拡散におけるクラス判定を参考にして、動的なコミュニケーションパターンを評価するための混生社会指標が提案されている。本報告では、この指標を組織構造の5つの類型（Red：衝動型、Amber：順応型、Orange：達成型、Green：多元型、Teal：進化型）に適用し、それらの特徴を評価した。具体的には、5つの類型のそれぞれに対応するスター型、ツリー型、ツリー+ジャンパー型、ツリー+モアジャンパー型、スモールワールド型のネットワークを形成し、それらのネットワーク上でコミュニケーションのシミュレーションを行い、混生社会指標の値を計算した。その結果、Teal組織が混生社会指標のうちのミキズム指標の値が最も大きいこと、すなわちコミュニケーションの類似性（混む）と非類似性（混じる）のバランスを取り、秩序とカオスの間にあって生命的、混生的であることがわかった。ミキズム以外の指標からは、Teal組織では中心のリーダーに情報が集中しないこと、様々なメンバー間でコミュニケーションが行われることが示された。今回の組織構造に関する評価から、混生社会指標が組織変革のアセスメントにも有用であることがわかった。将来的に、この指標は、企業組織だけでなく、情報技術と連携してデジタル民主主義組織やプラットフォーム協同組合でも活用されるだろう。

The philosophical world has proposed the concept of “mixbiotic society,” in which individuals with freedom and diverse values mix and mingle to recognize their respective “fundamental incapability” each other and sublimate into solidarity, toward solving the issues of social isolation and fragmentation. Based on this concept, the mixbiotic society measures have been proposed to evaluate dynamic communication patterns with reference to classification in cellular automata and particle reaction–diffusion that simulate living phenomena. In this report, we applied these measures to five typologies of organizational structure (Red: impulsive, Amber: adaptive, Orange: achievement, Green: pluralistic, and Teal: evolutionary) and evaluated their features. Specifically, we formed star, tree, tree+jumper, tree+more jumper, and small-world type networks corresponding to each of the five typologies, conducted communication simulations on these networks, and calculated values for the mixbiotic society measures. The results showed that the Teal organization has the highest value of the mixism measure among the mixbiotic society measures, i.e., it balances similarity (mixing) and dissimilarity (mingling) in communication, and is living and mixbiotic between order and chaos. Measures other than mixism showed that in Teal organization, information is not concentrated in the central leader and that communication takes place among various members. This evaluation of organizational structures shows that the mixbiotic society measures is also useful for assessing organizational change. In the future, these measures will be used not only in business organizations, but also in digital democratic organizations and platform cooperatives in conjunction with information technology.

1. 緒言

哲学者の出口は、社会的な孤立や分断という社会課題の解決に向けて、共生社会をさらに推し進めた「混生社会」という概念を提案している[1-3]。孤立や分断は概してコミュニケーションに関する社会課題であり[4-7]、前者はコミュニティの貧困化（個人の原子化：アトミズム）、後者は肥大化（内集団の群衆化：モビズム）の問題として捉えられる[8, 9]。

「混生社会」とは、多様な価値観を認め合う自遊な他者同士が混ざって、身体的近接性を伴って混むことで、各自の「根源的できなさ」を互いに認め合い、それを連帯へと昇華させていく社会である。「根源的できなさ」とは、個人の「I」単独ではいかなる身体行動も、他者の完全な制御もできないということである。混生社会の主体は、「Iとしての自己」ではなく、互いに委ね合う「WEとしての自己」である。「WEとしての自己」には、分断を避ける開放性（自遊）と、孤立を避けるフェローシップ（連帯）の双方が要請される。また、出口は、静的な在り方としてのウェルビーイングに対して、動的な生としてのウェルゴーイングを提案している。

混生社会を評価するための指標として、「混生社会指標（Mixbiotic Society Measures: MSM）」が提案されている[10]。MSMは、社会システムがコミュニケーションの生成と消滅のプロセスの再帰的ネットワークから成るオートポイエーシスのシステムであること[11, 12]を踏まえて、コミュニケーションネットワークにおける動的なコミュニケーションの生成と消滅のパターンを評価するものである。ソーシャルネットワーク分析[13]や時間的ネットワーク分析[14]が静的なネットワーク構造の分析に基づくことに比べて、MSMでは生命現象を模したセルラオートマトン（CA）や粒子反応拡散（PRD）におけるクラス判定[15, 16]を参考にして、ネットワーク上のコミュニケーションパターンの相対変化量やその分散を評価することが特徴である。そして、社会の4つの相に対応するMSMとして、孤立を示すアトミズム指標や分断を示すモビズム指標とともに、望ましい混生社会のウェルゴーイングを示すミキシズム指標や、コミュニケーションのない場合のニヒリズム指標が定義されている。

上記文献[10]では、MSMの定義とともに、現実社会のデータセット（高校、小学校、仕事場、農村、カンファレンス、オンラインコミュニティ、電子メール）による検証を通じて、ミキシズム指標の有用性や複数指標によるコミュニティの類型化の可能性が提示されている。ただし、この文献では、まだ職場や企業連携の組織構造に関する検討が行われていない。人間生活を支えるコミュニティとともに、経済活動を支える組織は、旧来から社会学の重要な関心事である（例えば[17, 18]）。組織構造は、構成メンバーの相互作用を規定し、組織の目標達成や永続性に影響を与えるからである（レビュー記事[19, 20]参照）。

組織構造として、組織変革コンサルタントのルールが提示した5つの類型（Red, Amber, Orange, Green, Teal）がよく知られている[21, 22]。簡単に紹介すると、Red組織とは、狼の群れで比喻されるように、強力な権力を持つリーダーを中心として、他の全てのメンバーを一様に並べた衝動型組織である。Amber組織とは、軍隊で比喻されるように、階層型の厳格な指揮系統を持った順応型組織である。Orange組織とは、機械で比喻されるように、基本的に階層型だが、階層を超えたメンバー間のつながりを持った達成型組織である。Green組織とは、家族で比喻されるように、階層がまだ残るが、メンバー間のつながりがさらに進んだ多元型組織である。Teal組織とは、生命体で比喻されるように、権力的な階層が消えるが、単なるフラットではなく、権限が分散し、自然に役割が分化した進化型組織である。Teal組織は生き生きした組織であり、混生社会に通じている。

そこで、本報告では、文献[10]でまだ検討されていなかった組織構造に関して、ルールの5つの類型をMSMにより新たに評価し、それらの特徴を明らかにすることを目的とする。具体的には、5つの類型に対応するネットワークを形成したうえで、文献[10]にあるコミュニケーションモデル

に基づいてネットワーク上のコミュニケーションの生成と消滅をシミュレーションし、それらのパターンの時間変化を MSM によって評価する。本報告の残りの部分は次のように構成される。方法セクションでは、5 つの類型に対応するネットワークの特徴を述べ、続いて文献[10]のコミュニケーションモデルと MSM の計算方法について簡単に紹介する。結果セクションでは、5 つの類型に対するネットワークを形成し、コミュニケーションシミュレーションによる MSM の計算結果を示す。考察セクションでは組織変革に向けた MSM の有用性を議論し、将来への展望を提示する。

2. 方法

2.1 組織構造とネットワーク

このセクションでは、まず、ララーの 5 つの類型に対応するネットワーク構造を説明し、次に文献[10]に基づいてコミュニケーションモデルと MSM の計算方法を簡単に紹介する。

表 1 に組織構造の 5 つの類型 (Red、Amber、Orange、Green、Teal) とネットワーク構造の対応を示す。これらの類型は、緒言セクションで説明したように、ネットワーク構造と深く関連している。スター型やツリー型のネットワークは一般のツール (例えば[23, 24]) を用いて形成することができる。ジャンパーは、ツリーネットワークに、ランダムに辺を加えることで形成する。スモールワールド型とスケールフリー型のネットワークの形成には、それぞれ、Watts-Strogatz (WS) モデル[25]または Barabási-Albert モデル (BA) [26]を用いる。両者は現実社会のネットワークを模擬するモデルとしてよく知られている。文献[10]のコミュニケーションシミュレーションに対する MSM の評価では、WS モデルと BA モデルの間に顕著な差が見られなかったことから、ここでは WS モデルを取り上げる。

表 1 組織構造とネットワーク構造の対応

Table 1. Network structure corresponding to organization structure.

	Red	Amber	Orange	Green	Teal
Feature	<ul style="list-style-type: none"> • One leader • Even follower 	<ul style="list-style-type: none"> • Hierarchy • Strict 	<ul style="list-style-type: none"> • Semi-hierarchy • Additional freedom 	<ul style="list-style-type: none"> • Soft-hierarchy • Empowerment of front-line 	<ul style="list-style-type: none"> • Decentralized • Natural differentiation
Network structure	Star	Tree	Tree + Jumper	Tree + More jumper	Small-world or Scale-free

2.2 コミュニケーションモデル

コミュニケーションモデルのモデルの役割は、コミュニケーションの生成と消滅のプロセスを簡単にモデル化することである。図 1 に簡略化した計算フローを示す。詳細は文献[10]を参照されたい。このフローでは、まず、初期設定として、コミュニケーションの生成率 g と消滅率 d 、コミュニケーションの情報単位 u 、初期に情報単位 u を与える頂点数 n_0 、計算ステップ数 t_{max} が設定される。続いて、各ステップ t で、ネットワークグラフ G の頂点の中から生成率 g に応じてランダムに送信元と送信先が選ばれ、送信元から送信先へ情報単位 u が送られると共に、頂点の中から消滅率 d に応じてランダムに情報が消去される。最終的に、時間ステップ t ごとに n 個の頂点を持つ情報の集合 $Q(t) = \{q_1(t), q_2(t), q_3(t), \dots, q_n(t)\}$ を得る。

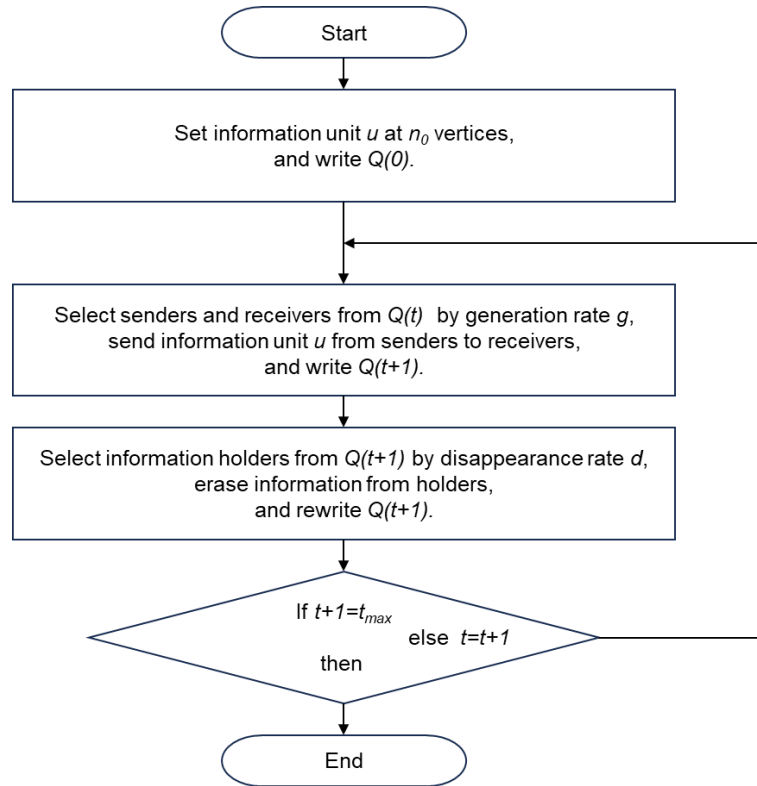


図1 コミュニケーションモデルの計算フロー [10]

Fig 1. Computational flow of communication model [10].

2.3 混生社会指標

MSM では、 n 個の頂点から成るネットワーク上のコミュニケーションパターンを表すものとして情報集合 Q を n 次元ベクトルと見なし、時刻 t と時刻 $t+1$ との間の情報集合 $Q(t)$ と $Q(t+1)$ の変化を計算する。文献[10]では、変化量として次の4つを挙げている。

- 1) 総情報量の変化

$$I(t+1) = \frac{|\sum_{i=1}^n q_i(t+1) - \sum_{i=1}^n q_i(t)|}{n \cdot u} \quad (1)$$

- 2) ユークリッド距離の変化

$$L(t+1) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i(t+1) - q_i(t))^2}}{\sqrt{n} \cdot u} \quad (2)$$

- 3) ユークリッド距離の相対変化

$$L_R(t+1) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i(t+1) - q_i(t))^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n q_i(t+1)^2}} \quad (3)$$

4) コサイン類似度

$$S(t+1) = \frac{\sum_{i=1}^n q_i(t+1) \cdot q_i(t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n q_i(t+1)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n q_i(t)^2}} \quad (4)$$

MSM では、式(1)~(4)にしたがって上記の 4 つの変化量の時間平均と分散を計算することで 8 つの指標を導き、合わせてミキズムに対してもう 1 つの複合指標を設けている。それはコサイン類似度の平均（類似性）と分散（非類似性）を掛け合わせたものであり、コミュニケーションのアトミズム（原子化）とモビズム（群衆化）の間であって、混生社会の混む（類似性）と混じる（非類似性）のバランスを表すものである。これは、CA や PRD のクラス 4（秩序とカオスの間、カオスの縁）において生命が宿るという考え方において、エントロピー変化の分散や変化量の交流成分が大きいことに対応している[10]。

アトミズム指標に対しては、CA や PRD のクラス 2（単発的）においてエントロピーが小さく相互情報量の変化が大きいことを考慮して、ユークリッド距離の相対変化の分散を対応させている。モビズム指標に対しては、クラス 3（カオス）においてエントロピーや相互情報量が大きいことを考慮して、ユークリッド距離の平均を対応させている。そして、ニヒリズムでは、ミキズム、アトミズム、モビズムの指標のいずれの値もほぼゼロであるとしている。表 2 に文献[10]の MSM の一群の指標をまとめておく。

表 2 混生社会指標

Table 2. Mixbiotic society measures.

#	Measure	Formula	Class/phase
1	Total information amount	μ_I	—
2		σ_I^2	—
3	Euclidian distance	$M_{mob} = \mu_L$	Mobism (Chaotic)
4		σ_L^2	—
5	Relative change in Euclidean distance	μ_{LR}	—
6		$M_{atom} = \sigma_{LR}^2$	Atomism (Sporadic and isolate)
7	Cosine similarity	μ_S	—
8		σ_S^2	—
9	Composite measure	$M_{mix} = \mu_S \cdot \sigma_S^2$	Mixism (Living and cyclic)
10	—	$M_{atom,mix,mob} \approx 0$	Nihilism (Static and silent)

3. 結果

3.1 ネットワーク

図 2 に、表 1 にしたがって形成したネットワークグラフを示す。図 2A は組織構造の 5 つの類型のうち Red 組織に対応するスターネットワーク、図 2B は Amber 組織に対応するツリーネットワークである。図 2C は Orange 組織に対応させて図 2A のツリーネットワークにジャンパー（辺）を追加したもの、図 2D は Green 組織に対応させて図 2A にさらにジャンパーを追加したものである。図 2E は Teal 組織に対応させて Watts-Strogatz (WS) モデル[25]を用いて形成したスモールワールドネットワークである。図 2E の左側は円環状に描いたもの、右側はコミュニティ分割を示したもので、両者は同じネットワークである。図 2F は参照のために形成したフラットなハイパーキューブネットワークであり、左側と右側は同じネットワークである。

図 3 に、図 2 で示したネットワークの次数分布を示す。横軸が次数、縦軸が頻度である。図 2A のスター (Red) では、中心の頂点を除いて、各頂点が 1 本の辺しか持っていない。図 2B のツリー (Amber) では、中心の頂点とその周辺の頂点を除いて、各頂点が 1 本の辺しか持っていない。図 2C のツリー+ジャンパー (Orange) や図 2D ツリー+モアジャンパー (Green) では、ツリー (Amber) に比べて分布がなだらかになる。図 2E のスモールワールド (Teal) では、次数の高い中心の頂点がなくなり、分布がさらになだらかになる。図 2F のハイパーキューブ (Flat) では、全ての頂点の次数が等しい。

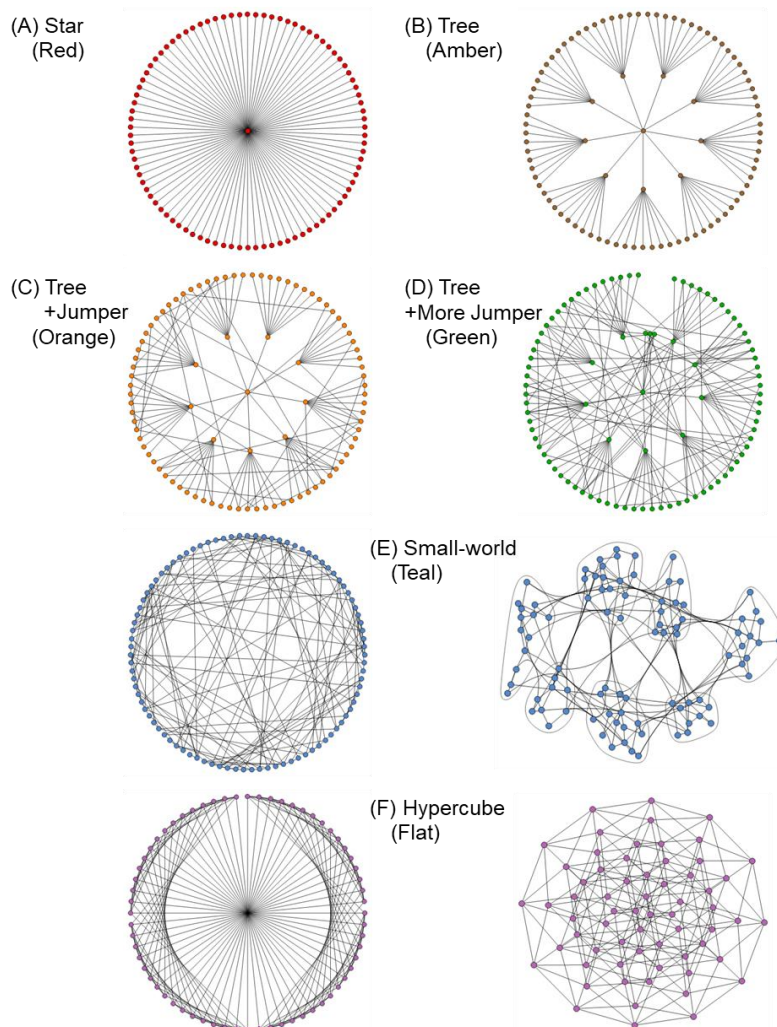


図 2 ネットワークグラフ

Fig 2. Network graphs.

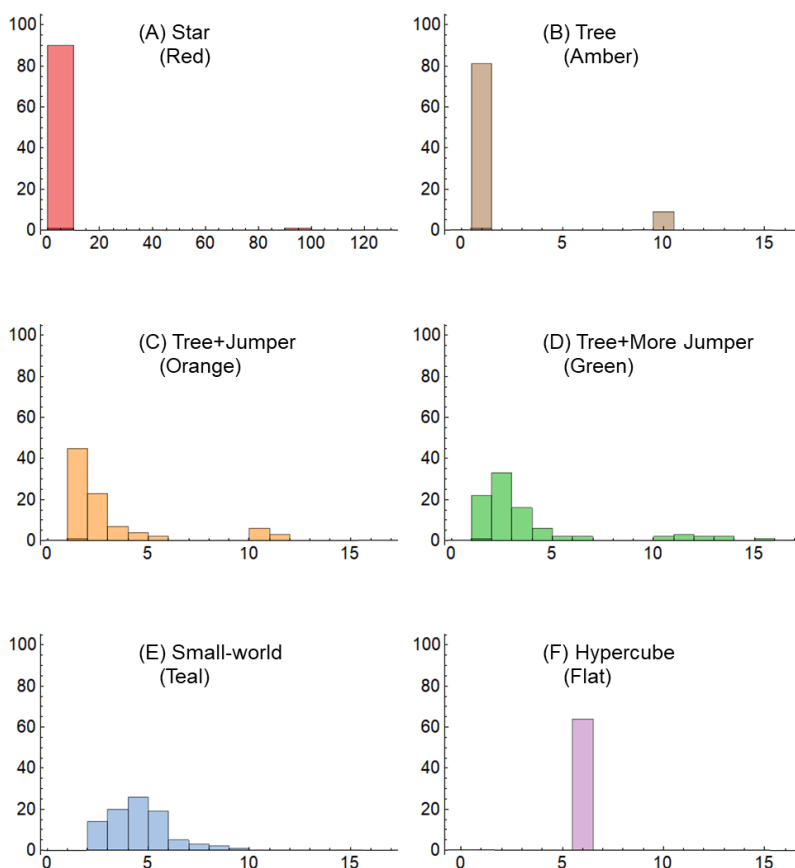


図3 ネットワークグラフの次数分布

Fig 3. Degree distributions of network graphs. Horizontal axis is degree, and vertical axis is frequency.

表3に、図2で示したネットワークのグラフ特徴量を示す。頂点数はハイパーキューブを除いてツリーネットワークに揃えた。スターからスモールワールドへ行くにつれて、エッジカウント、グラフ直径、平均距離、グラフ密度が大きくなっていく。ハイパーキューブでは、全ての頂点が均しくつながれ、頂点数に対して辺数が多く、平均距離が小さく、グラフ密度が大きい。平均クラスター係数は、スターとツリーではゼロ（クラスターがない）であり、ハイパーキューブもゼロ（全体が均一）である。これらの例では、ツリー+モアジャンパーが最もクラスター係数が大きい。

表 3 グラフ特徴量

Table 3. Network graph features.

	Star (Red)	Tree (Amber)	Tree+Jumper (Orange)	Tree+More (Green)	Small-world (Teal)	Hypercube (Flat)
Vertex count	91	91	91	91	91	64
Edge count	90	90	120	150	182	192
Diameter	2	4	4	4	6	6
Mean distance	1.98	3.56	3.41	3.21	3.38	3.05
Density	0.0220	0.0220	0.0293	0.0366	0.0444	0.0952
Mean Clustering Coefficient	0	0	0.0299	0.0665	0.0452	0

3.2 混生社会指標

図 1 に示した計算フローにしたがってコミュニケーションのシミュレーションを行い、MSM を計算した。初期設定は、文献[10]に倣って、情報単位 $u = 1$ 、初期に情報単位 u を与える頂点数 $n_0 = 10$ 、計算ステップ数 $t_{max} = 100$ とした。組織ではアトミズム、モビズム、ニヒリズムの状況が想定されないため、コミュニケーションの生成率 g と消滅率 d については、文献[10]がミキシズムの範囲として示している $g = 0.4, d = 0.3$ 、 $g = 0.4, d = 0.4$ 、 $g = 0.5, d = 0.4$ 、 $g = 0.5, d = 0.5$ の 4 つのケースを設定した。表 4 に、図 2 に示したネットワークと表 2 に示した MSM に対する計算結果を示す。なお、計算結果は、1 回の計算フロー（ステップ数 $t_{max} = 100$ ）で MSM を計算し、それを 100 回繰り返して回数平均を求めたものである。

表 4 混生社会指標の計算結果

Table 4. Calculation results for mixbiotic society measures.

Case	Measure	Star (Red)	Tree (Amber)	Tree+Jumper (Orange)	Tree+More (Green)	Small-world (Teal)	Hypercube (Flat)
$g = 0.4$ $d = 0.3$	μ_I	0.0029	0.0025	0.0047	0.0174	0.0109	0.0241
	σ_I^2	2.96E-04	5.22E-05	9.79E-05	2.69E-04	1.21E-04	3.58E-04
	$M_{mob} = \mu_L$	0.017	0.035	0.073	0.284	0.232	0.519
	σ_L^2	0.0042	0.0071	0.0126	0.0149	0.0120	0.0143
	μ_{LR}	0.070	0.130	0.234	0.678	0.673	0.794
	$M_{atom} = \sigma_{LR}^2$	0.0590	0.1013	0.1353	0.0921	0.1145	0.0437
	μ_S	0.977	0.953	0.913	0.739	0.739	0.684
	σ_S^2	0.0080	0.0154	0.0233	0.0246	0.0276	0.0165
	$M_{mix} = \mu_S \cdot \sigma_S^2$	0.0077	0.0146	0.0205	0.0182	0.0208	0.0113
$g = 0.4$ $d = 0.4$	μ_I	0.0014	0.0012	0.0016	0.0023	0.0014	0.0103
	σ_I^2	8.62E-05	2.68E-05	3.16E-05	4.68E-05	2.34E-05	9.29E-05
	$M_{mob} = \mu_L$	0.009	0.015	0.022	0.035	0.031	0.251
	σ_L^2	0.0019	0.0029	0.0046	0.0071	0.0060	0.0082
	μ_{LR}	0.047	0.073	0.102	0.148	0.142	0.860
	$M_{atom} = \sigma_{LR}^2$	0.0461	0.0677	0.0947	0.1216	0.1270	0.0966
	μ_S	0.984	0.973	0.959	0.937	0.939	0.611
	σ_S^2	0.0059	0.0108	0.0163	0.0249	0.0262	0.0358
	$M_{mix} = \mu_S \cdot \sigma_S^2$	0.0057	0.0105	0.0156	0.0231	0.0244	0.0223
$g = 0.5$ $d = 0.4$	μ_I	0.0025	0.0022	0.0052	0.0193	0.0110	0.0237
	σ_I^2	2.91E-04	5.11E-05	1.23E-04	2.99E-04	1.21E-04	3.46E-04
	$M_{mob} = \mu_L$	0.013	0.029	0.079	0.306	0.243	0.509
	σ_L^2	0.0031	0.0068	0.0155	0.0145	0.0120	0.0109
	μ_{LR}	0.058	0.120	0.271	0.834	0.782	0.943
	$M_{atom} = \sigma_{LR}^2$	0.0533	0.1093	0.1838	0.0994	0.1349	0.0532
	μ_S	0.980	0.952	0.882	0.625	0.649	0.561
	σ_S^2	0.0081	0.0198	0.0392	0.0334	0.0406	0.0235
	$M_{mix} = \mu_S \cdot \sigma_S^2$	0.0079	0.0187	0.0333	0.0214	0.0270	0.0132
$g = 0.5$ $d = 0.5$	μ_I	0.0009	0.0011	0.0015	0.0026	0.0013	0.0104
	σ_I^2	3.72E-05	3.14E-05	3.69E-05	5.97E-05	2.55E-05	9.25E-05
	$M_{mob} = \mu_L$	0.005	0.012	0.021	0.039	0.029	0.269
	σ_L^2	0.0010	0.0028	0.0049	0.0091	0.0065	0.0068
	μ_{LR}	0.034	0.063	0.098	0.164	0.133	1.011
	$M_{atom} = \sigma_{LR}^2$	0.0378	0.0712	0.1086	0.1589	0.1366	0.0903
	μ_S	0.990	0.974	0.956	0.921	0.935	0.483
	σ_S^2	0.0033	0.0131	0.0242	0.0393	0.0329	0.0433
	$M_{mix} = \mu_S \cdot \sigma_S^2$	0.0032	0.0125	0.0221	0.0357	0.0298	0.0211

Teal 組織では、中心のリーダーが存在せず自然に役割（コミュニティ）が分化するものの、混生社会と同様に、コミュニティ内のコミュニケーション（類似性）とコミュニティ間のコミュニケーション（非類似性）のバランスが取れていると期待される。そこで、表 4 に示した計算結果のうち、ミキシズム指標の結果を取り出して比較したものを図 4 に示す。

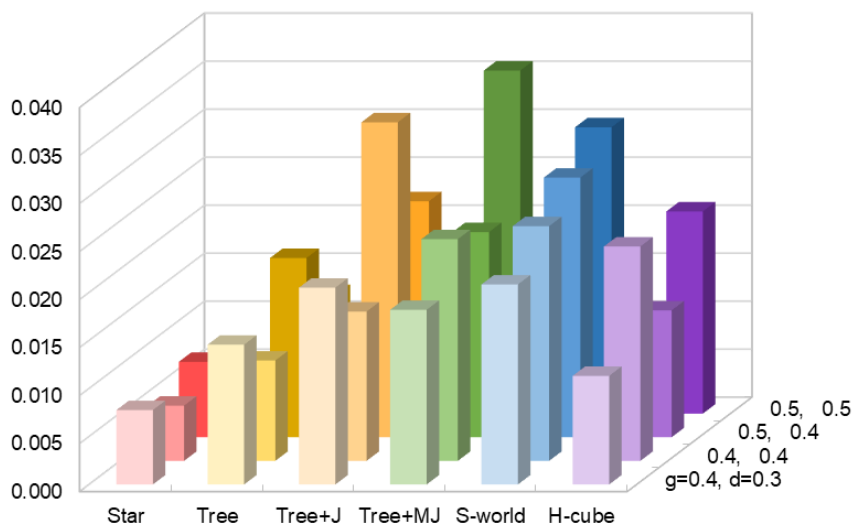


図 4 ミキシズム指標の計算結果の比較

Fig 4. Comparison of calculation results for mixism measure.

図 4 を見ると、スター（Red）やツリー（Amber）に比べて、ツリー+ジャンパー（Orange）、ツリー+モアジャンパー（Green）、スモールワールド（Teal）の値が大きいことがわかる。これは、Red 組織や Amber 組織では中心のリーダーに対して垂直的なコミュニケーションが行われることに対して、Orange、Green、Teal 組織ではメンバー間の水平的なコミュニケーションが行われることを示している。Orange、Green、Teal 組織の三者を比較すると、4 つのケースで凹凸があるものの、平均すると Teal 組織が最もミキシズム指標の値が大きい。これは、Teal 組織が、コミュニケーションの類似性と非類似性のバランスを取り、秩序とカオスの間にあって生命的、混生的であることを示している。ハイパーキューブ（Flat）が Teal 組織に比べてミキシズム指標の値が下がることは、表 4 の μ_s の値が示すように、全てのメンバーが均しいために類似性が小さくなるから、すなわちコミュニケーションが分散されてしまうからと推察される。

次に、図 5 に、4 つのケースを代表して $g = 0.4, d = 0.4$ のケースで、9 つの指標の値を 6 つのネットワークに対して比較したレーダーチャートを示す。このチャートでは、見やすさのため、各項目の値を最大値を用いて規格化している。図 5A は 6 つのネットワーク、図 5B はハイパーキューブを除いた 5 つのネットワークに対して描いたものである。

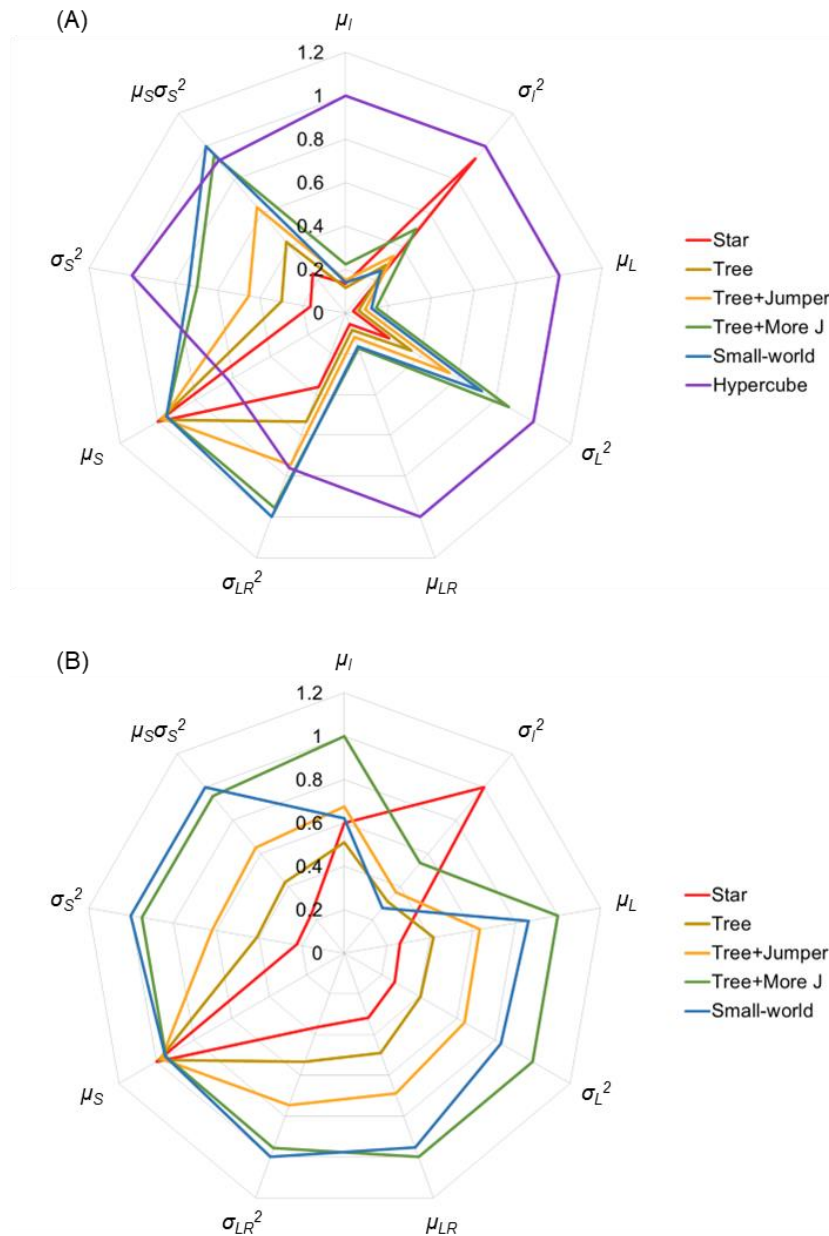


図 5 混生社会指標の計算結果のレーダーチャート

Fig 5. Rader chart of calculation results for mixbiotic society measures.

図 5A を見ると、ハイパーキューブ (Flat) は、 μ_S を除く指標の値が大きいことが特徴である。 μ_I 、 σ_I^2 、 μ_L 、 σ_L^2 などの値が大きいことは、情報の変化が激しいことを示している。図 4 の説明で述べたように、全てのメンバーが均しいためにコミュニケーションの類似性が小さく分散的である。ただし、現実の組織では完全に均しくフラットになることは考えられない。

図 5B を見ると、スター (Red) がいささか特異であるが、その他はツリー (Amber) からツリー+ジャンパー (Orange)、ツリー+モアジャンパー (Green) を経てスモールワールド (Teal) に向かうにつれて、指標の値が大きくなっていく。Teal 組織が Green 組織に比べて μ_I と σ_I^2 の値が小さいことは、中心のリーダーに情報が集中、蓄積されないからであり、これは組織が非中心的であることを示している。したがって、Teal 組織が最もミキジズム指標 $\mu_S \cdot \sigma_S^2$ の値が大きいことを考え合わせると、Teal 組織が組織構造として最も望ましいと考えられる。

図 6 は、文献[10]に倣って描いた、 $g = 0.4, d = 0.3$ のケースのコミュニケーションの軌道である。極座標系において、動径 r として情報集合 $Q(t)$ の n 次元ベクトルの大きさをとり、偏角 θ として n 次元ベクトルと単位ベクトル $\mathbf{1}$ が成す角度をとり、 $t = 0 \sim t_{max}$ の各時刻の点を順番につないで軌道を描いた。

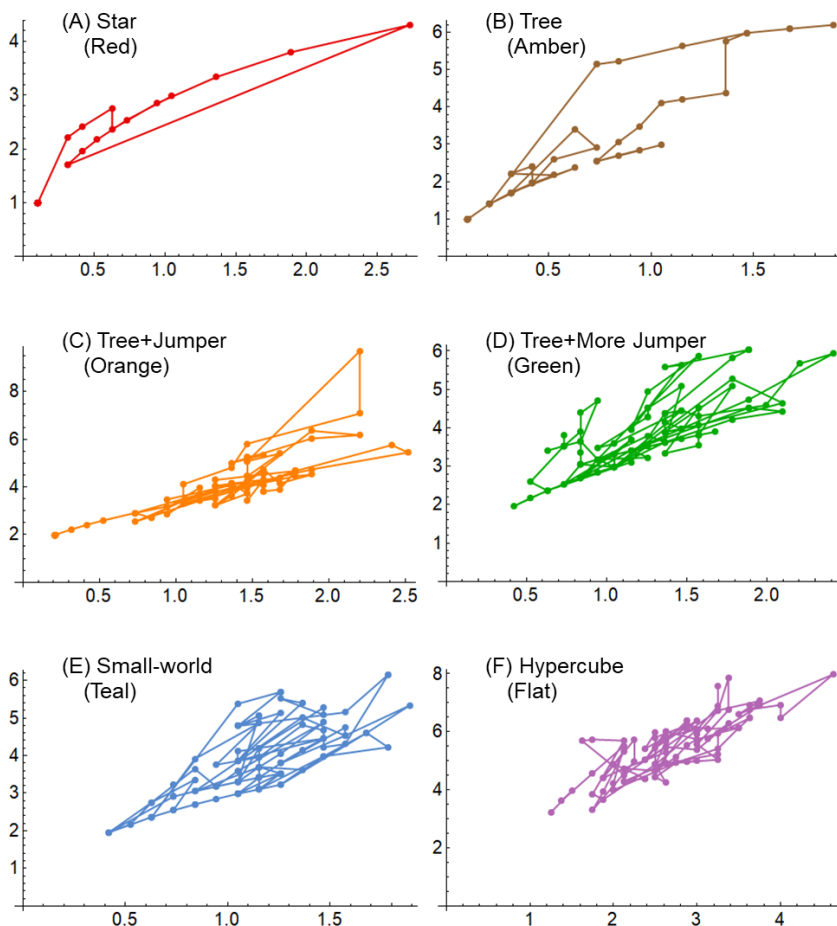


図 6 コミュニケーションの軌道

Fig 6. Communication trajectories.

図 6A のスター (Red) と図 6B のツリー (Amber) を見ると、軌道が単純で一方向的であることがわかる。これは、Red 組織や Amber 組織では、中心のリーダーに向けてしかコミュニケーションが行われなからである。図 6C のツリー+ジャンパーから図 6D のツリー+モアジャンパーまたは図 6E のスモールワールド (Teal) に向かうにつれて、コミュニケーションの軌道が広がっていくことがわかる。図 6F のハイパーキューブ (Flat) は、横軸の数値が大きくなっており、図 6E のスモールワールド (Teal) よりさらに軌道が広がっている。Teal 組織の軌道が広いことは、ベクトルの大きさが変わること (情報量が大きくなったり小さくなったりすること)、偏角が変わること (様々なメンバーの間でコミュニケーションが行われること) を意味する。すなわち、非現実的な Flat 組織を除いて、Teal 組織が最も望ましいと考えられる。

なお、表 4 と図 4 から図 6 は、図 1 に示した計算フローにしたがってコミュニケーションの生成と消滅をランダムに行った結果である。現実社会はランダムではなく組織構造によってコミュニケーションの偏りがあるため、実際にはより顕著な違いが結果に表われると考えられる。言い換えれば、ランダムなシミュレーションにおいても MSM は組織構造の違いをよく反映していると言える。

4. 考 察

組織構造の5つの類型（Red、Amber、Orange、Green、Teal）に対応するコミュニケーションネットワークに対してMSMによる評価を行い、Teal組織がカオスの縁にある生命体のように組織構造として望ましいことを示した。特にTeal組織のミキシズム指標の値が大きいことは、組織内部のコミュニティ内（類似性）とコミュニティ間（非類似性）で役割分担に応じて適切なコミュニケーションが行われることを示唆している。

Teal組織は、職場や企業連携における混生社会の一つの様態であると言える。言い換えれば、MSMを用いて組織を評価することが、組織変革のためのアセスメントになると考えられる。例えば、文献[10]に示されているような実際のコミュニケーションデータに対するMSMによる評価と、組織の効率性や成果、メンバーの心理や身体活動などの測定との相関分析を行うことで、組織の目標達成と永続的な進化に向けて有益なコンサルティングを行えるだろう。

Teal組織は企業の組織変革の引き合いに出されることが多いが、今後はデジタル民主主義組織やプラットフォーム協同組合なども対象になるだろう。それらの情報プラットフォームにおいてリアルタイムにコミュニケーションデータを収集しつつMSMを評価することで、自由と連帯を両立させる運営を行なうことができると思われる。MSMはまだ新しい指標であるが、様々なフィールドで効果をもたらすとともに、フィールドデータによるMSMの検証と改善を行うことで、それらが両輪となって混生社会的組織の発展につながることを期待される。

謝 辞

科学技術振興機構「コミュニティのスマート化がもたらす ELSI と四次元共創モデルの実践的検討」プロジェクトのコミュニティ評価パラメータグループの担当者としてご意見をいただいた日立京大ラボの皆様へ感謝の意を表します。本研究は、JST、RISTEX、JPMJRS22J5 の支援を受けたものです。

参考文献

1. Deguchi, Y. After corona seen from “Self-as-We.” In: Hitachi Kyoto University Laboratory, editors. Beyond smart life, Japanese ed. Tokyo, Japan: Nikkei Business Publications; 2020.
2. Deguchi, Y. Entrustment and distribution of agency: Toward philosophical reactivation of East Asian true self. Proceedings of Selfhood, Otherness, and Cultivation: Phenomenology and Chinese Philosophy International Conference; 2019 March 18–20; Nat'l Chengchi Univ, Taiwan. Available from: <http://andy2.ccstw.nccu.edu.tw/wp-content/uploads/2022/03/0318.pdf>
3. Deguchi Y. Self-as-We & its ethical implications [Internet]. [cited 2019 Nov 10]; Maison des Sciences Humaines of the Université libre de Bruxelles. Available from: <https://msh.ulb.ac.be/en/video/self-as-we-its-ethical-implications-yasuo-deguchi>
4. Courtin E, Knapp M. Social isolation, loneliness and health in old age: a scoping review. Health & Social Care in the Community. 2017; 25(3): 799–1286. <https://doi.org/10.1111/hsc.12311>
5. Leigh-Hunt N, Bagguley D, Bash K, Turner V, Turnbull S, Valtorta N, Caan W. An overview of systematic reviews on the public health consequences of social isolation and loneliness. Public Health. 2017; 152:

157–177. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.07.035>

6. Kovacheff C, Schwartz S, Inbar Y, Feinberg M. The problem with morality: Impeding progress and increasing divides. *Social Issues and Policy Review*. 2018; 12(1): 218–257. <https://doi.org/10.1111/sipr.12045>
7. Feinberg M, Willer R. Moral reframing: A technique for effective and persuasive communication across political divides. *Social and Personality Psychology Compass*. 2019; 13(12): e12501. <https://doi.org/10.1111/spc3.12501>
8. Smart WE project. About. In: Toward better “Smart WE” [Internet]. n.d. [cited 2023 July 1]. Available from: <https://www.smart-we.bun.kyoto-u.ac.jp/index.php/en/about/>
9. Smart WE project. About. In: Practical examination of ELSI on smartization of community through four-dimensional co-creation [Internet]. n.d. [cited 2023 July 1]. Available from: <https://www.smart-elsi.bun.kyoto-u.ac.jp/index.php/en/about/04>.
10. Kato T, Miyakoshi J, Mastumura T, Mine R, Mizuno H, Deguchi Y. Mixbiotic society measures: Assessment of community well-going as living system. arXiv:2307.11594 [Preprint]. 2023 [cited 2023 July 21]: [52 p]. Available from: <https://doi.org/10.48550/arXiv:2307.11594>
11. Luhmann N. *Social systems*. Redwood City: Stanford University Press; 1996.
12. Kneer G, Nassehi A. *Niklas Luhmanns theorie sozialer systeme*. München, Germany: Wilhelm Fink Verlag; 1993.
13. Tabassum S, Fabiola S. F. Pereira FSF, Fernandes S, Gama J. Social network analysis: An overview. *WIREs Data Mining Knowl Discov*. 2018; 5: e1256. <https://doi.org/10.1002/widm.1256>
14. Holme P, Saramaki J. Temporal networks. *Physics Reports*. 2012; 519: 97–125. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2012.03.001>
15. Uragami D, Gunji YP. *Intelligent simulation with cellular automata: Implementing natural intelligence*, Japanese ed. Tokyo, Japan: Ohmsha; 2021.
16. Miyakoshi J. Modeling pattern formation in communities by using information particles. arXiv:2307.10270 [Preprint]. 2023 [cited 2023 July 18]: [12 p]. Available from: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.10270>
17. Barnard CI. *The Functions of the executive*. Cambridge: Harvard University Press; 1938.
18. Scott WR. Organizational structure. *Annual Review of Sociology*. 1975; 1: 1–20. <https://www.jstor.org/stable/2946037>
19. Alvarez R, Robin L. Organizational Structure. In: *Encyclopedia of Sociology* [Internet]. [cited 2018 May 18]. Available from: <https://www.encyclopedia.com/social-sciences-and-law/economics-business-and-labor/businesses-and-occupations/organizational-structure>
20. iResearchNet.com. Sociology of Organizations. In; *Sociology* [Internet]. n.d. Available from: <http://sociology.iresearchnet.com/sociology-of-organizations/>
21. Laloux F. *Reinventing organizations: A guide to creating organizations inspired by the next stage of human consciousness*. Brussels, Belgium: Nelson Parker; 2014.
22. Peerdom. Reinventing Organizations Wiki [Internet]. n.d. Available from: <https://reinventingorganizationswiki.com/en/>
23. Wolfram Mathematica [Internet]. Available from: <https://www.wolfram.com/mathematica/index.php.en?source=nav&source=footer>
24. Cytoscape [Internet]. Available from: <https://cytoscape.org/>
25. Watts D, Strogatz SH. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*. 1998; 393: 440–442.

<https://doi.org/10.1038/30918>

26. Barabási AL, Albert R. Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*. 286(5439): 509–512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
27. Congge U, Guillamón MD, Nurmandi A, Salahudin, Sihidi IT. Digital democracy: A systematic literature review. *Front. Polit. Sci.* 2023; 5: 972802. <https://doi.org/10.3389/fpos.2023.972802>
28. Scholz T. Platform cooperativism. Ehmsen S, Scharenberg A, editors. New York: Rosa Luxemburg Stiftung; 2016. Available from: https://rosalux.nyc/wp-content/uploads/2020/11/RLS-NYC_platformcoop.pdf