

社会システムのデザインと評価尺度

Design and Evaluation of Social Systems

— In Case of Resource Circulation Systems —

河村 廣

Hiroshi Kawamura

神戸大学名誉教授、東北大学客員教授

Prof. Emeritus, Kobe Univ. and Visiting Prof., Tohoku Univ.

要旨

社会システムは持続可能でなければならないが、それをデザインする場合、具体的かつ効果的な評価尺度の設定が問題となる。本稿では、システム全体の時間的経過（安定性、定常性）と空間的広がり（普遍性、ユビキタスネス）、評価尺度の指向性の内向（系の外部から内部へ）と外向（系の内部から外部へ）の組み合わせによる時空間ベクトル分類から、4個の評価尺度、安全、共生、転生、公正を導出し、さらに、最も単純な資源循環のマルコフ・ネットワークにモデル化した社会システムのデザインに応用したケース・スタディ（推移確率の決定など）を行うことにより、一例であるがそれらの評価尺度の有効性と実効性を定量的ならびに定性的に明示した。

1. 序

情報化社会においては、サイバー空間に象徴されるヴァーチャルな世界がともすれば現実の世界よりも優位に立ち、その結果、現実という存在を希薄化させる可能性がある。勿論、ユビキタス化などのメリットはあるが、最も懸念されるのは人や社会の価値規範の変容でありその薄弱化である[1]。

筆者は、複雑系科学を応用した建築・都市・社会・環境のシステムデザイン手法を提案して来たが[2]、その際に指標となる価値観や評価尺度については特に議論を行わなかった。複雑系社会においては価値規範も自己組織化により創生されるべきものであるが[3]、遠大な課題であるため各論やシミュレーションに限定され勝ちで、実効性のある解を見出すことは容易ではない。

本稿では価値観研究の端緒として総論と実効性を重視し、社会システムの持続可能性を最終目標とする、安全、共生、転生、公正の4個の評価尺度[4]を時空間ベクトル分類から導出し、その有効性を社会システムデザインのケーススタディによって検証しようとするものである。

2. 評価尺度の時空間ベクトル分類

社会システムは要素（ノード、エージェント）から構成され全体として一つの系をなし、その要素間で人、物、金、情報、エネルギーなどを交換し合っている。当然のことであるが、要素は空間的な広がりの中に存在し、時間的な経過で営みが推移する。一方、評価の視線の方向性として、要素から系、外界へと向かう外向きのベクトルと、外界から系、要素へと向かう内向きのベクトルが考えられる。

以上より、時間と空間、外向きベクトル、内向きベクトルの組み合わせから、表1のように安全、公正、転生、共生の4項目の評価尺度を設定することが出来る。各評価尺度について、関連したキーワードを例示した。

表1 評価尺度の時空間ベクトル分類

ベクトル 次元	内向き：外→全→個		外向き：個→全→外	
	評価尺度	関連キーワード	評価尺度	関連キーワード
時間	安全	生存、持続	転生	環境、調和
空間	公正	人間、モラル	共生	連携、交流

持続可能な社会システムは個体維持や種の保存を至上目標とする生命システムに学ぶべきところが多く、上記の評価尺度について、両者のアナロジーを対照させたのが、表2である。同表には、評価尺度を具体化した定量的な評価関数も例示した。

表2 社会システムと生命システムとのアナロジー

評価尺度	評価関数	社会システム	生命システム
安全	生存時間・復元時間 冗長度・セーフティ ネット率	インフラ・ライフライン セーフティネット	神経系・骨格・筋肉 免疫制御系
共生	共存率、協働率 連携率	ひと・家庭・組織	細胞・臓器・四肢
転生	再生率・再現率 素材循環率	もの・エネルギー	細胞分裂・アポトーシス 遺伝・世代交代
公正	報酬率(=報酬 / 働き) の平等性、公平性	かね・財・情報 セーフティネット	循環・呼吸・消化器系 新陳代謝・給排制御系

図1は、複雑系科学を応用した筆者らによる建築・都市・環境・社会システムの統合デザイン構想である[2]。同図の共生、公正、安全、転生の評価尺度は上記のプロセスで導出されたものを、サブシステムの特長との馴染みを考慮して書き加えたものであるが、過不足なく整合していることが見て取れよう。

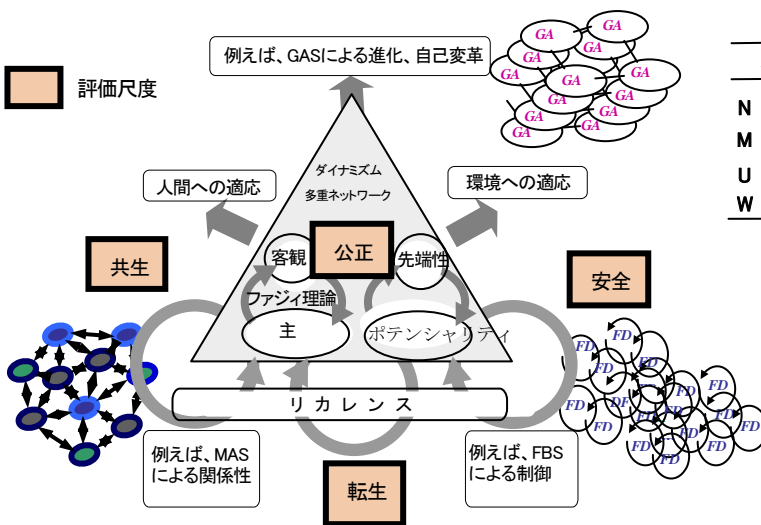


図1 システムデザインの統合多重共創システム[2]

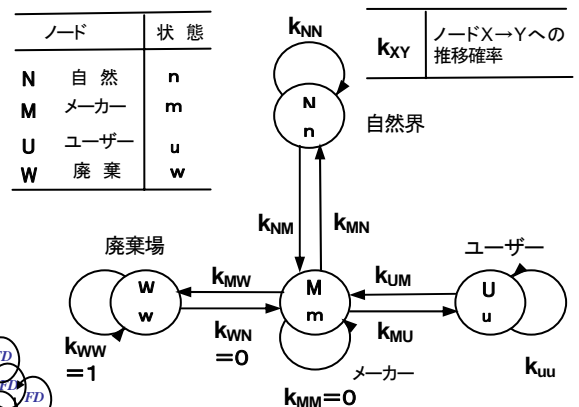


図2 社会の単純ネットワークモデル
(マルコフ連鎖による資源循環図[5])

3. ケース・スタディ

3.1 社会の単純ネットワークモデル

社会システムを本ケース・スタディでは図2のようなマルコフ連鎖型の資源循環のネットワークに単純化する[5]。図2における状態推移式は式(1)で表される。本式の左側の左側の項は時点 i における状態量分布を、左辺右側の項は推移確率行列を、右辺は時点 $i+1$ における状態量分布を示す。

$$\begin{pmatrix} w_i & u_i & m_i & n_i \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{UU} & k_{UM} & 0 \\ k_{MW} & k_{MU} & 0 & k_{MN} \\ 0 & 0 & k_{NM} & k_{NN} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} w_{i+1} & u_{i+1} & m_{i+1} & n_{i+1} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式(1)は式(2)のように簡略に表される。

$$\pi(i)P = \pi(i+1) \quad (2)$$

3.2. 評価尺度のシステム化、定式化

評価尺度の定式化を下記のように定義し、最適化デザインを下記4項目について段階的に行う。

(1) 転生：ゼロエミッション、定常状態

$$\left. \begin{array}{l} k_{MW} \rightarrow 0 \\ \pi P \rightarrow \pi \end{array} \right\} \quad (3)$$

(2) 公正：富の公正配分、各ノードの状態量の負担人口比例配分

$$\text{各ノードの所属人口：} \left\{ \begin{array}{l} u:m:n = P_U:P_M:P_N \\ P_U, P_M, P_N \geq 0, P_W = 0 \end{array} \right\} \quad (4)$$

(3) 共生：各ノード間交換量の中庸性

0と1の間にある推移確率について、上記の評価尺度の下で関数関係が導かれた場合、相互に増減の異なる関係（ここでは線形と仮定）も存在し、共生の思想に従い、それらの存在範囲の中間の値とする。

(4) 安全：冗長システム、セーフティネット、制御

- ・ノードやリンクの複数分化
- ・ノードやリンクの消失・破損の補填、修理などのフィードバック制御

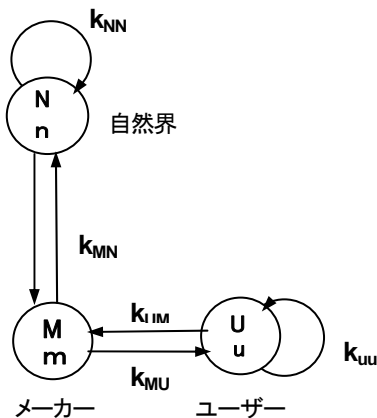


図3 転生による資源循環図

第1段階：図3に式(3)による転生：ゼロエミッション、定常状態における資源循環図を示す。

第2段階：富の公正配分式(4)にて(5)式を仮定すると、図3の状態推移式は(6)となる。

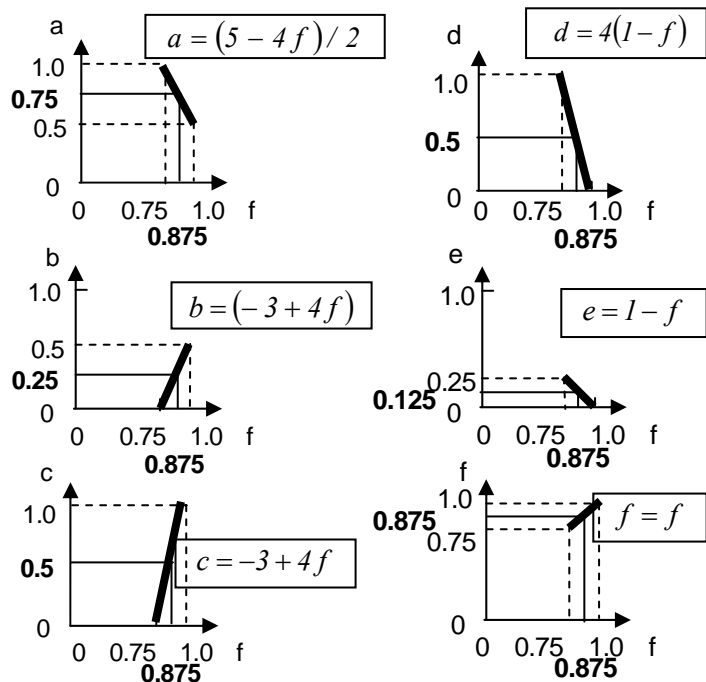


図4 転生+公正+共生（ノード間交換量の中庸性）による推移確率の決定

$$u : m : n = P_U : P_M : P_N = 2 : 1 : 4 \quad (5)$$

$$(2 \ 1 \ 4) \begin{bmatrix} k_{UU} & k_{UM} & 0 \\ k_{MU} & 0 & k_{MN} \\ 0 & k_{NM} & k_{NN} \end{bmatrix} = (2 \ 1 \ 4) \quad (6)$$

第3段階：式(6)を解き、共生（各ノード間交換量の中庸性）から図4のように推移確率が太字のようにもとまる。ただし、推移確率（1と0の間）は下記のようにアルファベット a, b, ... と略記している。

$$k_{UU} = a, \quad k_{UM} = b, \quad k_{MU} = c, \quad k_{MN} = d, \quad k_{NM} = e, \quad k_{NN} = f \quad (7)$$

得られた推移確率による資源循環図を図5に描く。但し、各ノードの状態量は定数 r を含む。

第4段階：安全性の確保のため、本ケーススタディでは、冗長システムとしてノードMメーカーの複数化、メーカーMから自然界Nへの供給路(リンク)の複数化、フィードバック制御としてメーカーMからユーザーUへの供給路(リンク)の補填、ユーザーUでの状態量の補給について例示した。

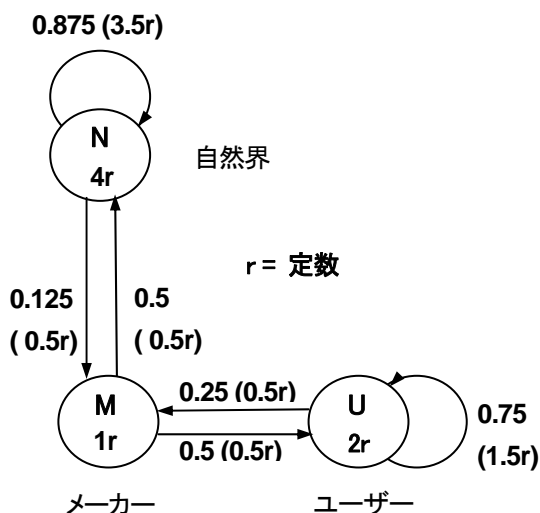


図5 転生+公正+共生による資源循環図

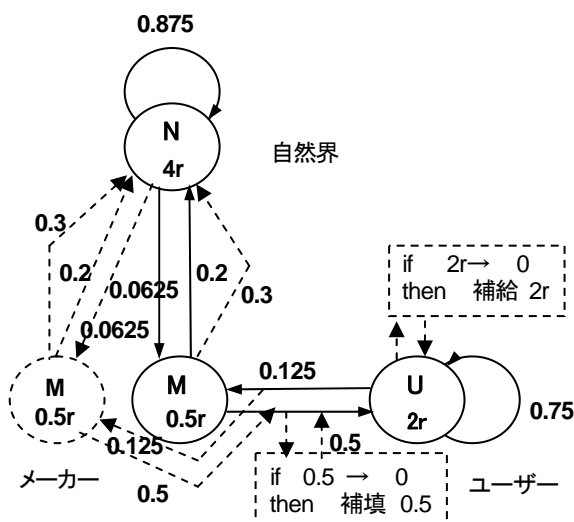


図6 転生+公正+共生+安全による資源循環図

4. まとめ

本稿では、持続可能な社会システムのデザインにおける評価尺度（転生、公正、共生、安全）を提案し、ケーススタディでその有効性を明らかにした。その際、単純なマルコフ連鎖型資源循環ネットワークを用いており、解析が容易でかつ本質は損わないのが利点であるが[6]、今後の課題としては非線形性やダイナミズムの表現が可能で創発的なマルチエージェントシステムなどを応用してゆきたい[7]。

参考文献

- [1] 今道友信：生圏倫理学入門、エコエティカ、講談社（学術文庫）、1990. 11.
- [2] 河村廣(代表)：複雑系科学による人間・環境適応型の建築・都市・社会のシステムデザイン、学術振興会、平成14-16年度科学研究費補助金 基盤(A)(1)報告書、2005. 3.
- [3] 小林道憲：複雑系社会の倫理学、生成変化の中で行為はどうあるべきか、ミネルバ書房、2000. 10.
- [4] 河村廣：価値規範の彷徨と個のサイバーカプセル、2005年度日本建築学会大会(近畿) 情報システム技術部門研究協議会資料、「情報化による人々のふるまいの変化ーアキバから宇宙建築まで 建築・都市の未来像を描き出すー」日本建築学会、2005. 9, pp. 54-57.
- [5] 河村廣：構造の耐用年数と持続可能性ー調和循環システムを目指してー、1998年度日本建築学会大会(九州) 総合研究協議会資料、「建築における持続可能性とは何か」、日本建築学会、1998. 9, pp. 22-31.
- [6] Inada,R., Kawamura,H., Tani,A. and Takizawa,A.: Optimal Design of Circulation Systems of Building Materials by Using Markov Chain and Genetic Algorithm, Proc. of the Eighth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2000. 8, pp.1426-1433.
- [7] Tsuji,S., Takizawa,A., Kawamura,H. and Tani,A.: Simulations of Structural Member Circulation of Recurrent Architecture by Multi-Agent System, Proc. of The 4th International Workshop on Emergent Synthesis-IWES'02, 2002. 5.