

情報流を制御する 複雑系のエージェント・システム

森住哲也[†] 鈴木一弘^{††} 木下宏揚^{††}

インターネットで情報流を制御する複雑系のエージェントを提案する。着眼点は、「公共性と私性に関する価値が、公私の間を循環するとき、相互の矛盾が情報漏洩・情報改竄の問題を引き起こす。」と観る事である。

本論文では、マルチエージェントの相互作用を、哲学と社会システム論の視点から捉え、その人文科学的見地を情報流制御に反映させる。情報流は、本論文で新たに定義する色彩循環のアナロジーとして記述され、マルチエージェント・シミュレータによって制御パラメータを解明する枠組みを示す。

Agent System that Introduces Complex Systems to Control Information Flows

MORIZUMI Tetsuya[†] SUZUKI Kazuhiro^{††} KINOSHITA Hirotsugu^{††}

It proposes the agent of complex systems to control the information flow on the Internet. When the publicity value and the privacy value circulate between them, the contradiction of each other causes the problem of the information leakage and the information falsification.

In this paper, the multi agent's interaction is caught from the aspect of the philosophy and the social system theory, and the cultural science viewpoint is reflected to the information flow control. The information flow is described as an analogy of the color circulation defined newly in this paper, and shows the frame to which the control parameters are clarified with the multi agent simulator.

1. はじめに

インターネットは、クラウドと言う新しい社会基盤によって大変革する兆しを見せている。クラウドは、その中に在る「関係の地図」と検索のシステムによってインターネットの向こう側の情報リソースの垣根を外すシステムであると解釈する事が出来る⁸⁾。或いは、それは人を支援する知的なネットワークが自律分散的に構築されてゆく生き物の様なシステムである。「関係の地図」のシステムでは、人々は多様な情報リソースにアクセスできる様になるが、一方で企業情報、個人情報、情報漏洩・情報改竄を防止する制約も必要となる。特に、複数の人が関与して情報リソースを正当なアクセス権限のもとで読み書きしてもなお、情報リソースの内容が漏洩、改竄される問題は、ほとんど手が付けられていない。この問題は **covert channel** 問題と呼ばれる。

(**covert channel** を引き起こす情報の内容の流れを情報流と呼ぶ事にする)。本論文は、「関係の地図」を分析する事によって現れる情報流を制御するマルチエージェント・システムに関する研究である^{7),9),10)}。個々のエージェントによる情報流制御のために、世界を表現する「関係の地図」を論理学的意味論によって記述する。エージェントの推論エンジンは、あたかも人の主観の一部分が映し出されたかのように振る舞い、人を支援する。人はエージェントの意味論によって世界や他者を記述しようとするが、その記述には限界があり、不確定性がつきまとう。しかも、「他者のエージェントの意味論は自己のエージェントの鏡であり、自己のエージェントの意味論は他者のエージェントの鏡である」、と言う相互作用の関係がある。1つ1つのエージェントの推論規則は論理学的意味論によって記述する必要があるが、マルチエージェント・システム全体の動作や存在の在り方は、相互作用の不確定性、論理システムの限界により、論理学的意味論だけでは記述できない。本論文は、複数の論理学的意味論からなるマルチエージェントがはたらく場として複雑系²⁾に着目する。つまり、複数の論理学的意味論から構成されるシステムの記述限界を複雑系によって乗り越えるメカニズムの枠組みを探る試みである。

情報流制御の着眼点は、「公共性と私性に関する価値が、公私の間を循環する時、相互の矛盾が情報漏洩・情報改竄の問題を引き起こす」と観る事である。本論文では、公共性と私性の価値循環について、i. ゲームと言う場、ii. 自己言及的なシステム、iii. 公共性と私性が共通理解するプロセス、の視点から論理学的意味論を記述する。しかし、心的価値は論理学的意味論によって完全に記述される事は無い。従って、常に自己と他者は相互作用によって論理学的意味論の限界を補う必要がある。この仕組みとして本論文は相互作用的な複雑系に着目する。

次に、相互作用的な複雑系のマルチエージェントによって公共性と私性の価値循環を制御する仕組みを探る。一つの試みとして複雑系のシミュレータ **Swarm** を導入する事を想定し、**Swarm** の意味論とスケジュールによって、公共性と私性の価値循環を記述する枠組みを示す。この試みは、**Swarm** によって公共性と私性の価値循環を色彩の循環のアナロジー³⁾として研究する準備である。即ち、新たに定義する色彩循環のア

[†] ネットエスアイ 東洋株式会社

Toyo Networks & System Integration Co., Ltd.

^{††} 神奈川大学工学部

Faculty of Engineering, Kanagawa University

ナロジーによってマルチエージェント間を流れる情報流を表現する。これを色彩循環モデルと呼ぶ。そして、色彩の加法混色と減法混色の循環のアナロジーによって規範・規則・意味論による公私の価値循環の複雑系制御パラメータを求める枠組みを示す。

2. 関係の地図の中の情報流

2.1 情報流

本論文で情報とは、内在的な価値を記号的に表現するための言語的手段である。情報をこの様な観点から表現する目的は、クラウドの中の「関係の地図」が何を扱い、情報流とは何かを明確化し、情報漏洩経路・情報改竄経路を分析・制御するためである。

【情報】 情報とは、名詞、文、文章、ファイルで記述する「記号と意味」である。

- (1) 名詞は、名前とその意味内容によって表される。
- (2) 文は主語、述語、目的語によって記述される。
- (3) 文章は、文章のタイトルと文の集まりである。
- (4) ファイルは、ファイル名やアクセス権限等のメタデータとそのコンテンツで表される。

名詞に於いて名前を $O1$ とし、意味内容を $v1$ とする。文に於いて主語を $O2$ とし、述語、目的語を $v2$ とする。文章に於いてタイトルを $O3$ とし、文の集まりを $v3$ とする。ファイルに於いてファイル名を $O4$ とし、コンテンツを $v4$ とする。

【情報流】 情報流は、集合 $V = \{v1, v2, v3, v4\}$ の要素を読み書きする事によって、集合 V の要素の一部、或いは全てが別の要素に伝搬する事である。

2.2 covert channel

情報流の結果、名前、主語、タイトル、ファイル名の集合 $\{O1, O2, O3, O4\}$ に割り付けられたアクセス権限に関して矛盾が生じる時、その経路を covert channel と呼ぶ。covert channel は、subject に与えられる「object へのアクセス権限」を矛盾なく設定してもなお、情報の読み書きによって発生する。covert channel は、subject が 2 人以上集まり、2 つの情報をやり取りして始めて発生するものである。また、情報流の定義から covert channel は情報を名詞と見做しても生じる。即ち、ファイルや文書を如何に細かく構造化し、構造化した断片に対してアクセス権限を割り当てたとしても、covert channel の可能性は無くならない。なぜならば、covert channel は、「主語はどこまで詳細に観察して記述しても主語を確定できない」と言う言語表現の限界に関わる現象だからである。情報流制御とは、covert channel を分析・制御する事である。

3. 情報流制御の意味論

個々のエージェントは論理の意味論によって記述される事を前提とする。論理の意味論はコンピュータ・システムに組み込まれ、covert channel を分析する。エージェントは人を支援し、情報流を制御する。論理の意味論は、存在論が対象とする世界の記

述はもちろん、述語によって示される関係性が、相互作用の場に還元される必要がある。

3.1 主観の立ち位置

3.1.1 意味・真理・実在

実在は真理を関係として介在させ命題と関係する。内在的主観から観察する世界の中の関係は、論理の意味論で記述される^{1),4),5)}。

【意味・真理・実在】

- (1.1) 意味とは、記号と世界の関係である。
- (1.2) 論理的な真理とは、命題と実在の関係である。
- (1.3) 実在は、認知と真理値の関係である。
 - i. 実在は、自己完結的な存在条件を満たす対象であり、論理の意味論の中に在る。
 - ii. 自己の実在、他者の実在は言語によって記述され、共通理解される。

3.1.2 相互作用の意味論へ

意味は世界と記号(命題)の関係であり、真理は命題と実在の関係である。ここまでは関係性の視点で実在を規定する存在論である。存在論は認識論によって、人に立脚し、人を本質的に支援する相互作用の中に還元される。即ち、人と人の間の相互関係を記述するために、認知を如何に捉えるか、と言う「相互作用の場の認識論」が必要となる。本論文では実在を真理と認知の関係に還元し、相互作用という行為の中で捉える。例えばそれは、間主観性、或いは場所的、と呼ばれる類の相互作用の場である。その中で自他が言語によって認知されて存在する。相互作用の場では、主客の区別は無い。主観的価値は、相互作用の場の中に言語を介して「映し出される」のみであり、流転する。しかしながら、人々の個々の価値が相互作用の場の中に、善く映し出される様に、公共的な社会システムが相互作用の場として制御される必要がある。

3.2 相互作用

3.2.1 相互作用による相対主義的な場

実在を相互作用の場に関係性として還元する事によって、人と人が相互に作用し合うはたらきを規定する。これを相互作用的な複雑系の意味論とする。この時、世界を観察する視点は人々の中に相対的に在る。相対的な相互作用の複雑系では時空全てに普遍的な論理の意味論は採り得ない。

【相互作用の場の相対性】

- (2.1) 相互作用の場は、自己と他者の論理の意味論と相互作用の集まりである。
- (2.2) 自己から観る他者の世界は論理不確定である。
- (2.3) (2.1)(2.2)の観点に於いて、相互作用の場は相対的である。

3.2.2 相互作用の意味論の解釈

本論文では、相互作用の意味論の前提として、「人の集まりは心的価値の視点で善くあるべきである」とする事から始める。人の行為が倫理性を持つためには、個人的価値と社会的価値が関与し合う事が必要である。しかしそれは、社会全体の規範を普遍的な規則と位置付け、その遵守を強要する事ではない。規則の遵守はむしろ自己利益

を追求するゲームプレイヤーの選択枝の問題である。即ち、「社会システムで繰り返されるゲームに勝利する事」と、「社会システムに於ける行為が善くある事」とは同義ではない。

社会システムが善くある事とは「公共と私の調和を採る事である」。そして公共的、私的と言う概念は行為と関係する。すると、どの様な行為が公共的か、或いは私的かを、相互作用の場に関与する実在と関係させて分析し、何が真理かを取り決める事が必要となる。実在に対する概念は真理を認知するための関係に還元される。即ち、他者の実在は行為と言う関係に還元される。関係に還元された実在は、人と人との相互作用に於ける存在条件となる。相互作用の中にある実在は、「ある状態に於いて在ると規定される制約された普遍」と呼ぶべきもの、或いは「流転の中に在るもの」として「記述」される。

3.2.3 私的と公共的

自他は相互作用の場の中に実在すると解釈し、それを基にして社会システムを設計する。この時「公私の価値の循環」と言う概念の根底には、心的価値を公共と自己の相互作用に還元しようとする意志がある。本論文に於いて、公共は次の様な概念である。

【公共】自己と他者が言語によって相互作用する時、相互作用を記述する言語の中に自己と他者が実在する。この様な認識の中で、自己と他者の相互作用の特定な領域を定め、それを「公共」、或いは「家族的類似の場」と呼ぶ。

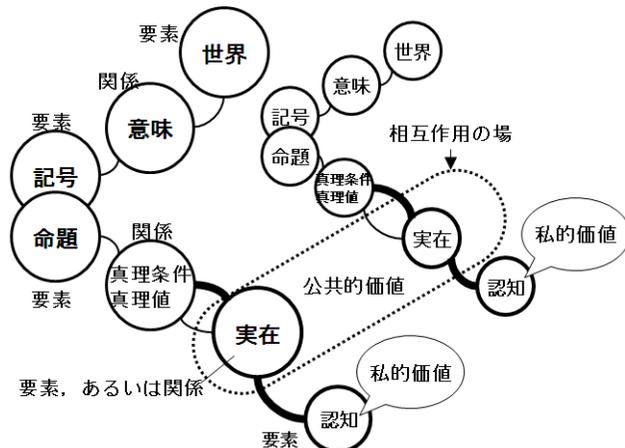


図1 相互作用の場と論理的意味論

図1は論理的意味論と認知を関係付ける「実在」の相互作用の場において、私的価値

・公共的価値が、私的個人と公共の間で循環する概念図である。図1に示す相互作用の場には、私を超越して世界を普遍的に記述する論理的意味論は無い。私的な論理的意味論は相互作用の場に参加するだけである。即ち、相互作用の場全体に渡る意味論は、たった1つの論理的なシステムによって記述されるのではない。全体的論理を超越し、しかし全体が個々の私から見て調和する、その様なシステムを「相互作用的な複雑系」と呼ぶ事にする。

3.3 相互作用的な複雑系

3.3.1 公私の価値循環

公共的領域、私的領域の間の情報流を想定する。但し、情報流の始点は、「情報」であり、創発された価値を含む言説である。情報流のパターンは3つある。

- (1) 私的領域から公共的領域への情報流。
- (2) 公共的領域から私的領域への情報流。
- (3) 私的領域・公共的領域双方向の情報流。

この様な情報流を引き起こす原因として i. ゲームと言う場による駆動, ii. 自己言及的なシステムと言う駆動, iii. 公共性と私性が共通理解するプロセスとしての駆動, を取り上げこれらの駆動装置によって「価値の循環」が引き起こされると見做す。

i. ゲームの場における利得の循環

エージェント各々はゲームの規則によるゲームを行う。エージェントは対戦相手の公共的 object を取り込み、私的な object とマージし、新たな公共的 object を創発して場に出し、自分の陣地を拡大する。エージェントはゲームによって陣地を拡大しようとする。このゲームの場において、情報が object を介してプレイヤーの間を循環する。ゲームで循環する object の内容は、「利得」である。

ii. 自己言及的なシステムにおける循環

自己言及的なシステムは、世界と命題を意味で関係付け、命題と実在を真理条件で関係付け、実在同士を相互作用の場の行為によって関係付ける。世界を記述した命題の集まりを仮にエージェントの「主観」と呼ぶならば、1つのエージェントの主観に「世界を観察する視点」があり、そのエージェントの外部は「環境」である。自己言及的なシステムは互いに他者を環境と解釈する。

自己に観察の視点があるシステムでは、「入力、出力」と言う概念ではなく、環境への作用、環境からの作用、と言う概念が必要になる。自己言及的なシステムは、環境から見ると、自己と言う場の中で作り出される意味生成プロセスが見えない。しかし、もし自己、及び環境を両方観察する外部があれば、自己と環境はデータをやり取りしている様に見える。複雑系では、着目するエージェントが自己であり、環境は他のエージェントたちである。つまり、エージェントと環境のエージェントは1つ1つのエージェントの内部に自己創発的な意味生成メカニズムを持ち、双方向の意味的価値の循環によって環境と自己を調和させようとする。これを自己言及的な循環と呼ぶ事にする。

iii. 共通了解的な公私の循環

他者と言う観察可能な現象から作られる「私的」言語表象は、「私」に対して他者から実在的・客観的表象が供与される事によって、「私の中で」生成される。一方「私」は公共的的他者に対して言語表象によって自らを差し出す。この様に循環する「私的」言語表象と他者との相互作用は、「私」と他者が互いに共通了解するまで繰り返される。これを公共性と私性の価値が反映された「価値の循環」と呼ぶ事にする。価値の循環は、言語・記号による双方向の情報流を伴って現象する。

3.3.2 相互作用的な複雑系に於ける循環

エージェントによって公私の価値を記述する記号を制御する時、問題の要は *cover channel* である。情報流を制御するためには構文論（シンタクス）だけではなく、世界を記述する論理的意味論を必要とする。*cover channel* 分析は、不確定要素をあらかじめ表現の対象としている。従って、論理的な指示関係を記述し、アクセス規則を記述・推論する論理的意味論は、その記述能力の意義を十分に検討する必要がある。相互作用の世界が不確定であるとは、次の様な事である。相互作用は、ダイナミックな生成の場である。相互作用は常に新しいエンティティが創発され、或いは消費される場である。相互作用する相手は可能性として存在する。相互作用させる対象も可能性として存在する。即ち相互作用する相手と対象は、アプリオリには存在しない。その意味で相互作用の相手と対象は不確定であり、相対的な存在となる。相対的存在は古典論理的な普遍の概念では記述されない。相対的存在は証明可能性等、プロセスを記述可能な論理によって記述される概念である。直観主義論理は相対的、プロセス的な概念を記述する論理の1つとしてこの場合に適した論理である。「不確定性」と言う概念を持つ論理的意味論は、社会的コンテキストとの連関に於ける条件付実在として一人の観察者の心的価値を確定する記述能力を持っている。

しかし、論理的意味論には記述の限界がある。実在の実体は究極的には論理的意味論によって記述され得ず、かつ、その真偽はアプリオリに在るのではなく、言語の共通了解によって仮に存在する。条件付きの実在と言う概念の論理的意味論は、「不確定性」を拒否しない表現形式として重要な位置付けに在る。しかしながら、1つの論理的意味論だけで記述可能な現象は、一人の観察者の視点から観察した世界記述である。相互作用の世界はその様な観察者が複数存在する世界を想定している。つまり、論理的意味論は人それぞれが観た外部世界を記述するのみであると言う世界記述の限界を持つため、1つの論理的意味論だけで相互作用的なマルチエージェントの観察世界を記述する事が困難な事を示唆している。

マルチエージェント全体が作動する仕組みは、論理的意味論の他に求めなければならない。そこで本論文ではその試みの1つとして複雑系に着目する。複雑系とは、関係系に於いて、要素の相互作用を外部観察によって予測できず、還元主義的な全体予測が不能な系を言う。本論文では、観察の視点に於いて相対主義的な相互作用の複雑系で、かつ1つ1つは自己言及的なマルチエージェントを前提とする。ゲームによる交換の循環、公私の価値の循環は各エージェントの自律性に一任される。また、相互作用の通信の容量が必ずしも均等でないエージェント、即ち支配的なエージェントも複雑系の変種として収容する。この様にエージェント個々の多様性を許容し、それでもなお複雑系として全体が調和するメカニズム、即ちこの場合は情報漏洩・情報改竄の大洪水が起きないメカニズムを探る。エージェントの中で働く循環のシステム各々

もまた、複雑系から形成されるシステムである。

4. Swarm 導入の可能性

4.1 Swarm

Swarm⁶⁾ は複雑系のシミュレータであり、基本的な原理は次のものである。

- (1) Swarm はマルチエージェントである。
- (2) エージェントは各々の規則で動作する。
- (3) エージェントの規則は外部の局所的な状況への反応が記述される。
- (4) 全体の動作を規定する規則は存在しない。

相互作用的な複雑系を記述する上で、Swarm は次の2つの重要な構造によって構成される。

- (1) **ModelSwarm** : ModelSwarm は入れ子構造のモデルの枠組みである。モデルは論理的意味論（規範、規則等）が対応する。サブモデルのスケジュールは1つ上の入れ子モデルに合併され、全体が再帰的に繰り返される。
- (2) **Activity** : Activity はイベントスケジュールの *object* である。Activity は入れ子構造のモデルのスケジュールを管理する。即ち、エージェントの行為の記述、相互作用の記述がスケジュールによって管理される。

4.2 ModelSwarm と Activity の位置付け

本論文は、クラウドと言うインターネットのシステムの情報流制御を、マルチエージェントと言う複雑系のメカニズムで制御する事を目的とし、その目的のために Swarm を使用する。Swarm には ModelSwarm と Activity という重要な構造がある。本論文に於ける Swarm と哲学的話題の接点は、次の通りである。

- i. ModelSwarm は論理的に記述される存在論である。
- ii. Activity は認識論、或いは相互作用と言う行為の記述と言う位置付けであると見做す。

4.3 ModelSwarm で記述する論理構造

4.3.1 私性と公共性のモデル

私性と公共性を意味論として記述するための枠組みを次に示す。

- (1) 私的エージェントをペルソナエージェントと呼ぶ。
- (2) 私的エージェントが集まり、共通の規則によって統合された集合を公共的エージェントと呼ぶ。
- (3) 公共的エージェントの集まりはコミュニティである。
- (4) 公共的エージェント、ペルソナエージェントは入れ子構造となる。
- (5) 入れ子構造間の部分集合もコミュニティである。

4.3.2 相互作用系の規範

本論文で示す「規範」は、私的な「善き行為」を目的に追求すれば最大多数の最大

幸福が得られる、と言う「選好的功利主義的行為の条件」の追求を目的とする立場を採らない。最大多数の最大幸福と言う概念は、人を単体の集まりとしてしか見ない。本論文では、その様な集合的な見方ではなく、人と人の関係のダイナミズム「相互作用」、と言う概念を導入する事を試みる。

本論文では、相互作用的な複雑系に重点を置き、私的で小さな行為を、社会全体の運動の中に常に捉える。そして、その時了解される「きまり」、全体を調和させる「きまり」に準じる行為を規範的行為と位置付ける。規範は各エージェントを接続する複雑系としてのメカニズムとして、「多様な価値観と簡易な規則に基づく複雑系の相互作用の結果現れる、調和的な言語的記述」である。簡単な規則は「許可」と「禁止」に関わる概念である。即ち、「規範とは、相互作用的複雑系を安定化させる仕組みである」。

4.3.3 自己利益追求のゲーム規則

本論文では、「規則遵守はモラル原理である」、とは捉えない。規則遵守は自己利益を追求するゲーム規則に則るプレイヤーによる選択枝の問題と観る。現実社会では経済システム、金融システム、法的システム、政治システム等、言語・記号レベルの社会ゲームが行われている。ゲームの動機は「勝つ事」であり、この動機から情報流が引き起こされる。そこで、利益を追求する陣取りゲーム「自己利益追求のゲーム」の概念を導入する。各エージェントは、所謂陣取り合戦を繰り返すゲームを実行するのであるが、この時エージェントは連携し、或いは敵対する事を繰り返す。

4.3.4 意味論的コミットメント

私的価値と公共的価値の循環を制御する論理的概念を「意味論的コミットメント」と呼ぶ。意味論的コミットメントは規範と言うインタフェースを介して他のシステムと接続される。そして意味論と言う論理的記述を通して心的価値が相互作用される。そこでは、“私的な存在が公共的場に於いて善く生きる”とは如何なる事か、と言う価値が表現される(映し出される)。意味論的コミットメントは、社会システムの暴走を個々の心的価値を運ぶ媒体「相互作用的複雑系」を通して制約するはたらきを持つ。

4.3.5 意味論的創発記述

私的価値と公共的価値の循環によって新しい価値を創発する時の論理的概念を「意味論的創発」と呼ぶ。意味論的創発は意味論的コミットメントと協調する。意味論と言う論理的記述を通して心的価値が映し出される。そこでは、“私的に創発した価値を公共に還元しようとする、或いは公共的から私への還元と言う想い”が表現される。

4.3.6 規範と意味論的コミットメントによるゲームの制約

規範遵守と言う選択枝は必ずしも倫理的ではない。行為が倫理性を持つためには、行為が社会的価値や個人的価値に結び付く必要がある。即ち、社会システムのゲームに勝利する事と、社会システムに於ける行為が善くある事とは同義ではない。社会システムが善くある事とは公共と私個人の調和を採る事である。意味論的コミットメントは、調和のための制約としてはたらく。

4.4 Activity で記述する相互作用のスケジュール

情報流制御のマルチエージェントの相互作用は、私的単位のスケジュール、及び公共的スケジュールによって引き起こされる。相互作用は、Activity によって複数の行為を入れ子構造にまとめ、或いはシーケンス的スケジュールとして記述される。

4.4.1 私的単位のスケジュール

私単位の行為は創発的行為と制約的行為に分類される。これらの行為は次に示す価値循環を引き起こす。Activity は各々の価値循環をスケジューリングする。

- (1) 創発的スケジュール： ゲームのスケジュール、自己言及的な創発スケジュール、公私の間で創発する価値循環のスケジュール
- (2) 制約的スケジュール： 相互作用の規範スケジュール、意味論的制約のスケジュール。

4.4.2 公共的スケジュール

公共的スケジュールは、個々のエージェントと言う私的な存在が、複数集まり、公共的になって行く運動を記述する。

- (1) 多様を維持しようとする運動： 個々のエージェントが、各々の規範・規則・意味を維持するためのスケジューリングを行う。
- (2) 任意的、相互的に集まろうとする運動： エージェントが各々、規範・規則・意味における家族的類似を観察し、似たものが集まろうとするスケジューリングを行う。
- (3) 強制的に集めようとする運動： ゲームの勝者エージェントが、敗者エージェントの規範・規則・意味を変更し、自分の規範・規則・意味と置き換えるスケジューリングを行う。

5. 色彩循環のアナロジー

5.1 情報流を制御するアナロジー “色彩循環”

公共的価値と私的価値の間の情報流に於いて、情報漏洩・情報改竄を防止するメカニズムを相互作用的な複雑系で考える。この時、アナロジーとして加法混色の世界と減法混色の世界との循環を定義する。実在とは実体あるエンティティではなく、相互の認知と言う作用の中にある。もし、実在と言明の真理値が独立であるとするならば、その関係性をあらためて認知する真理論的判定が必要になり、認知と真理判定は「自己言及」し続け循環する。即ち、実在とは、「そこに在ると思うという事はどの様な事か」と言う問いそのものである。その様に実在を捉える時、実在は言語によって記述される相互作用の場にある、とされる。

実在と人の心の内との関係は如何なるものであろうか。論理の意味論が世界の限界であり、論理で語り得ない事があるとしてもなお、心的価値をコンピュータ・システムに反映させるにはどうしたら良いのであろうか。

本論文では、この課題に対する一つの試みとして、社会システムを“複数の論理的意思論から構成される複雑系”と見做す事にした。更に、本論文では心的価値を扱う問題領域として、情報流のセキュリティに問題を絞って考察する。情報流制御で問題

となるのは、公共的価値と私的価値の間の価値の流れである。競合の問題は、社会システム間の市場の取り合いに於ける商品価値の漏洩・改竄問題を扱う。個人情報漏洩は、私的価値と公共的価値の間の相克の問題である。情報流制御では、私的価値と公共的価値が互いに情報流を介して循環する中で、漏洩・改竄を防止する事を目指す。即ち、私的価値と公共的価値と言う、2つの概念の間の「循環」がポイントである。「循環が必然であるのに、ある領野への流路が問題になってしまう」、そのような事態をシミュレーションするための概念を検討する。価値とそれを映し出す記号に於いて、その記号自体の循環路は現実世界では概念が複雑に絡まる。例えば、情報流制御問題に対しては、セキュリティモデルが対応してきた。しかし、その制御属性は競合・所有・プライバシー・役割・階層、と言う具合に多様な概念が包摂されている^{7),8),9),10)}。しかしこれらの言葉が、逆に、インターネットと言う多様な場のモデルの言葉として誤解を生む原因となる事があった。そこで、情報流とその制御の関係を抽象化し、アナロジーによって現実問題をイメージし易いモデルを新たに考えて行く事とする。つまり、心的価値循環と色彩循環とを、アナロジーによって関係付け、その中で情報流制御の論理的意味論を論じる事により、問題の本質を明瞭化する。

5.2 色彩循環モデルの諸定義

「色彩循環モデル」を定義する。そして、色彩循環モデルを相互作用的な複雑系のマルチエージェントで表現する。その目的は公共的価値と私的価値の対立をエージェントの相互作用によって制御する事である。

マルチエージェントは、同類を増やす「陣取りゲーム」の中の相克、即ち相反する「私的価値と公共的価値」と言う2つの価値からの要求を調和させるメカニズムである。即ち、ゲームの中の異常な情報流の洪水にならない様に情報流を制御する。情報流は色彩循環に置き換えられる。

色彩の創発と制約の枠組みは次の通りである。

- (1) 色彩の加法混色によって自己が彩色する色彩は次第に淡く彩色されて公共に提示される。公共では色彩の減法混色によって次第に濃く彩色される。この繰り返しによって公私間で色彩が循環する。
- (2) 色彩の濃淡で実在の価値を表現する。濃い色彩は自己に属し、薄い色彩は公共に属する。加法混色・減法混色によって色彩は公私間で濃淡が循環する。
- (3) 色相によってエージェントの距離を定義する。エージェントが色相、色彩濃淡のセンサを持ち、近傍同士の相互作用によって色彩循環を制御する。
- (4) 同系色相のエージェントの仲間を増やせば勝ち。
- (5) 濃い色彩が他者に流出すれば負け（制約対象）。

【定義】色光三原色：R: red, G: green, B: blue.

【定義】色料三原色：Y: yellow, M: magenta, C: cyan.

【定義】色相：色相は価値を映し出す記号である。

色相に付随する価値は、自己利益モデルに付随する価値とコミットメントモデルに付随する価値の2つが折重なって映し出される。色相に付随する価値がそのどちらのものであるかは、他者には区別できない。

【定義】色彩の濃淡：

濃：私的価値が高い事を表す。

淡：公共的価値が高い事を表す。

自己は、内面で色彩を合成し、他者は色相と言う価値の多様と、色彩の濃淡と言う公私の区別を判定する。色彩の着色は次の規則を使う。

【定義】加法混色：色彩を加えて新たな色彩を合成する方法。

【定義】減法混色：元の色彩を遮る事によって新たな色彩を合成する手法。

【定義】加法混色による私的価値の創発：黒に定義した私性の記号、即ち自己自身の価値に、色光3原色によって象徴される価値を重ね合わせ、公共性の記号を作る行為を表す。

【定義】減法混色による公共的価値の創発：白に定義した公共性の記号、即ち公共の価値に、色料3原色によって象徴される価値を重ね合わせ、私性の記号を作る行為を表す。

【色彩循環】私的価値は加法混色により作られ、公共的価値は減法混色により作られる、と定義した。つまり、公共的価値は重ね合わせるほどに、私的価値になってゆく。重ね合わせるのはエージェントの内部である。私的価値はエージェントの内部で重ね合わせるほどに公共的価値になってゆく。この想定は、私的な価値が言語によって公共に映し出され、公共的価値が言語によって私的な価値に還元される循環を表す試みである。

循環はこれだけではない。経済活動などに見られる“利益追求”のための行為が同時に公私の間の色彩循環によって記述される。

【定義】家族的類似：自己の色相に近い距離のエージェントは家族的類似であると呼ぶ。その距離を家族的類似距離と呼ぶ。

5.3 色彩循環による表現

色彩の世界のゲームを定義し、個々のエージェントの論理的意味論によって作動する複雑系の相互作用の枠組みを示す。

- (1) 相互作用の価値は「色彩」に映し出される。私的な「色彩」は私的な領域から公共的領域に滲み出る。公共的領域は他者との共同の領域であり、幾重にも折り重なり繋がる。
- (2) ゲームの規則：
 - (2.1) 各エージェントは、加法混色、減法混色能力を持つ。
 - (2.2) 各エージェントは、自分の色彩を1色指定する。
 - (2.3) 各エージェントは黒から初めて加法混色によって object を色付けし、或いは外部から object を取り込み、自分の色彩を作り上げてゆく。
 - (2.4) 自己の色彩に近いエージェントは相互作用を密に取る様になり、家族的類似の連携グループを形成する。エージェントは相互作用するエージェントとの連携の距離を定め、一定距離のエージェントに於いて同系色彩に関する色相情報を交換する。
 - (2.5) 同系色相のエージェントの集まり（家族的類似）が増えれば勝ち。色相変化が敷居値を超え、他者に吸収されれば負け。
 - (2.6) 同系色相のエージェントの集まりに色漏れ、色相変化がなければ安定と評価する。色漏れが生じれば負け。

ゲームの動機は色彩障地を拡大する事であり、心的価値の制約は色彩の洪水を防止

する事である。

【創発の動機】： 家族的類似距離が近い同系色相のエージェントを増やさなくてはならない。

【制約の動機】： 個々のエージェントの集まりが、自律分散的に色彩の暴走を制約するために、エージェント個々の色彩循環分析制御規則を近傍エージェント（家族的類似距離にあるエージェント）と交換し、近傍色彩循環状態を個々のエージェントが把握する。制約条件は次の通り。

- (1) 濃い色彩が敷居値を超えて家族的類似グループから流出してはならない。
- (2) 家族的類似グループの色相が敷居値を超えて変色してはならない。

5.4 色彩循環モデルの定式化

5.4.1 加法混色と減法混色の定式化

(1) Additive primaries RGB による加法混色関数 A

$$A(\rho R, \gamma G, \beta B) = \xi, \quad \text{但し,}$$

$$0 \leq \rho \leq 1, 0 \leq \gamma \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1. \quad \dots(1)$$

(2) Subtractive primaries YMC による減法混色関数 S

$$S(\phi Y, \mu M, \chi C) = \eta, \quad \text{但し}$$

$$0 \leq \phi \leq 1, 0 \leq \mu \leq 1, 0 \leq \chi \leq 1. \quad \dots(2)$$

5.4.2 色彩循環モデル

色光として解釈する red は色料として解釈する yellow と magenta の減法混色によって彩色される。

$$R = S(Y, M,) \quad \dots(3)$$

色料として解釈する magenta は、色料に於ける原色であり他の色から作られない。通常はここで話は閉じる。本論文では、色料の世界即ち YMC で彩色する装置の出力色彩を、今度は色光の世界へ持って行き、RGB を原色とする装置の入力色と見做す、と言う架空のシステムを想定する。すると、色料として解釈する magenta は色光に於ける加法混色、

$$M = A(R, , B) \quad \dots(4)$$

によって red と blue で彩色される。red は色光原色であり、他の色から作られない。式(3)を式(4)に代入し、

$$M = A(S(Y, M,), , B) \quad \dots(5)$$

式(5)は magenta に於いて自己言及である。

即ち、色料の装置は色光の装置に影響され、色光の装置は色料の装置に影響される。この時、出力された色相は、色料装置の出力なのか、色光装置の出力なのか、出力を観察する第三者は不確定であるとする。この様に表現する事によって、色彩循環モデルは、

人とは、人と社会の間、社会と社会の間の相互作用を形式化する。

5.4.3 濃淡の循環モデル

色相から濃淡 ε へ写像する関数 L を規定する。 ε は、色相に関わらず ε が濃い値は私的な価値を反映し、淡い値は公共的な価値を反映する記号である。

$$\varepsilon = L(A(\rho R, \gamma G, \beta B)) \quad \dots(6)$$

$$\varepsilon = L(S(\psi Y, \mu M, \chi C)) \quad \dots(7)$$

濃さ最大を $\varepsilon = K$:Key, 濃さ最少（淡）を $\varepsilon = W$:White とする。

$$W = L(A(R, G, B)) \quad \dots(8), \quad W = L(S(0, 0, 0)) \quad \dots(9)$$

$$K = L(S(Y, M, C)) \quad \dots(10), \quad K = L(A(0, 0, 0)) \quad \dots(11)$$

式(8)より濃度 W は私的領域に於いて RGB が最大の時、及び式(9)より公共的領域に於いて YMC が 0 の時である。また、式(11)より、濃度の最大値 K は私的領域に於いて RGB が 0 の時、及び式(10)より公共的領域に於いて YMC が最大の時である。

私的領域で加法混色した式(11)の K(黒)は加法混色によって次第に淡い色彩になり、ついに式(8)に於いて W となる。W は公共的領域に循環し、式(9)の W として解釈される。公共的領域では減法混色の式(10)により次第に濃い色彩になる。そして公共的領域の黒（式(10)）は、再び私的領域と解釈されて式(11)に戻る。

ところで、心的価値を扱おうとしているにも関わらず、なぜモデルの「定式化」なのか。covert channel は言語の内容が伝搬する現象によって生じる。内容は、表現的意味と関係し、ファイルの名前やタイトルは指示的意味と関係する。指示的意味の指示対象は論理的命題でもある。この場合の表現的意味は論理的命題を解釈する解釈者と論理的命題を提示する自己の間の相互関係の中にある。そしてその実体は言語記号である。即ち、心的価値を相互作用の中で共有してゆこうとするならば、価値は言語記号として外在せざるを得ない⁴⁾。そして外在する言語記号の流れを制御しようとするならば、定式化は制御に必要な条件となる。

5.5 私的価値と公共的価値のゲーム

5.5.1 価値とゲーム

「私的価値・公共的価値」と「陣取りゲーム」の間にはどのような関係があるのだろうか。何らかのゲームを実行すれば、情報流が生じる。その時、covert channel を分析する。ゲームの規則は任意とする。ゲームは n 人のプレイヤーで実行し、n 人が活動する領域に於いて、自己の領域（陣地）を確保して行く。勝者は陣地を広く獲ったプレイヤーである。プレイヤー i の時刻 t に於ける戦略を $s(i, t)$ 、プレイヤー i の時刻 t に於ける陣地の広さを $w(i, t)$ とすると、ゲーム G は次の様に表される。

$$\prod_i w(i, t) = G(\prod_i s(i, t)) \quad \dots(10), \quad \text{但し, } \prod \text{ は直積.}$$

ゲームのプレイヤーは、ゲームのプレイヤーであると同時に、観戦者でもある。即

ち、ゲームに見立てた社会の場に参加はしているものの、ゲームのルールが必ずしも分かってプレイできるとは限らない。主観から確実に観察される現象は次の2点である。

- (1) 少なくともどこが陣地であるかは明確である。
- (2) 速い者勝ちの陣取りゲームである。

5.5.2 ゲームによる情報流の生成

エージェント間で、ゲームを相互作用が発火起点となり、価値を伴う記号を交換する事が現象する。そのために変換規則が必要になる。本論文では陣取りゲームのアナロジーとして、何物かを交換するモデルを考えて行く。

- (1) 自己の近傍に色彩 object を敷き詰めて行く。
- (2) 他者の色彩 object を獲得し、自己の色彩 object に近い色相に彩色し、自己の近傍に持って来る。この時、エージェントが観察するパラメータは、次の通りである。
 - 他者の色彩 object を自己の色相に近い色彩へ彩色する速度。
 - 自己の近傍に、自己自身が生成する色彩 object、及び他者から引き取り、彩色して自己の近傍に敷き詰める、その領域の面積の時間変化。
- (3) 自己の近傍が他者の色相の色彩 object で敷き詰められたら、次に生成する色彩 object は、その他者の色彩 object の色相に変更される。これは、陣取りゲームに負けた事を意味する。

5.5.3 公共性と私性の価値の循環

次に、公共性と私性の価値のはたらきをこの仕組みに埋め込んで行く。公共性は淡い色彩（高い彩度）、私性は濃い色彩（低い彩度）によって表現する。

- (1) エージェントが私的な価値を内在的はたらきによって作り出すはたらきを、色相の加法混色によって表現する。
- (2) エージェント生成した私的色彩 object は濃い色相（低い彩度）で表現される。エージェントは濃い色相の色彩 object を自己に近い距離に敷き詰めて行く。
- (3) エージェントが公共的な価値を内在的はたらきによって作り出すはたらきを、色相の減法混色によって表現する。
- (4) エージェント生成した公共的色彩 object は淡い色相（高い彩度）で表現される。エージェントは淡い色相の色彩 object を自己から遠い距離に敷き詰めて行く。
- (5) 各エージェントは、各自の基準に於いて、どこまでが私的でどこからが公共的か、と言う彩度の基準を定義する。
- (6) 各エージェントは、各自の基準に於いて、私的彩度と公共的彩度の間には、彩度の値域を各エージェントが定める。
- (7) 各エージェントは、各自の基準に於いて、自己の色相の値域を定義する。
- (8) 色相と彩度の値域が重なる色彩を扱うエージェントは、「家族的類似」であると呼ぶ。家族的類似のエージェントはコミュニティのアナロジーを表現する。

5.5.4 ゲームに対する価値の制約

エージェントは、ゲームの枠組みの中で、加法混色と減法混色を使い、自己言及的に色彩 object を生成し、或いは、他者の色彩 object に着色して自己の周りに敷き詰め

て行く。ここで、

- (1) 公共的な色彩 object（淡い色彩）は、他のエージェントが取り込みやすい、と言う規則を設ける。
- (2) 私的な色彩 object（濃い色彩）は、他のエージェントは取り込みにくい、と言う規則を設ける。

これらの公共的・私的な色彩 object の取り込みの規則は、色彩の濃さを価値と表現し、私的な価値が他者にむやみに流出されてはならない、と言う制約を表現する。或いは、濃い色彩の値域を持つ家族的類似エージェントは、より絆の深いコミュニティを形成する、と言うアナロジーを表現する。

6. おわりに

本論文は、インターネットに於いて、covert channel による情報漏洩・情報改竄を防止する事を目的に、相互作用的複雑系としてマルチエージェント・システムを捉えた。その制御構造を分析するために哲学的考察から始め、システム全体を色彩流循環モデルのアナロジーと関係付けた。今後は色彩循環モデルを Swarm によって具体的にシミュレーションし、更に問題の構造を明らかにする。

参考文献

- 1) 吉田謙二[監修]: “現代哲学の真理論 (ポスト形而上学時代の真理問題)”, 世界思想社, 2009.
- 2) 小林道憲: “複雑系の哲学”, 麗澤大学出版会.
- 3) キース・J・ホリオーク, ポール・サガード, (鈴木宏昭, 河原哲雄監訳): “アナロジーの力”, 新曜社.
- 4) “ジョン・マクダウェル”, 思想, 第7号, No.1011, 岩波書店, 2008.
- 5) ダニエル・デネット, (土屋俊, 土屋希和子 (訳)): “スウィート・ドリームズ”, NTT 出版, 2009.
- 6) the Swarm Development Group: ”Welcome to the Swarm Development Group Wiki!”, http://www.swarm.org/index.php/Main_Page.
- 7) 森住哲也, 鈴木一弘, 木下宏揚: “クラウド化するインターネットの倫理について — アークセス制御の視点から —”, 電子情報通信学会, 技術と社会・倫理研究会, 6月, (2009).
- 8) MORIZUMI Tetsuya, SUZUKI Kazuhiro, KINOSHITA Hirotsugu: “A system of Search, Access Restriction, and Agent in the Clouds”, The 9th Annual International Symposium on Applications and the Internet, (2009).
- 9) 森住哲也, 木下宏揚: “意味論的ペルソナ”とアイデンティティ”, 電子情報通信学会, 技術と社会・倫理研究会, 10月, (2009).
- 10) 森住哲也, 鈴木一弘, 木下宏揚: “情報流を制御するマルチエージェント・システムの意味論について”, 電子情報通信学会, 技術と社会・倫理研究会, 5月, (2010).