

# 複雑な議論分析のための議論フレームワークのモジュール化

## Proposal of Module Based Argumentation Framework Which Analyzes Complicated Argumentation Records

仁科 慧<sup>\*1</sup>      岡田将吾<sup>\*1</sup>      新田克己<sup>\*1</sup>  
Kei Nishina      Shogo Okada      Katsumi Nitta

<sup>\*1</sup> 東京工業大学総合理工学研究科知能システム科学専攻  
Department of Computational Intelligence and Systems Science,  
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Theory of Computational Argumentation is useful tool to calculate the semantics of argumentation records to analyze the record of complicated argumentation which consists of different level of arguments, we introduce a module based argumentation framework. A module based argumentation framework is a set of argumentation frameworks each of which represents a record of a sub-argument of a complex argument. Reliability of arguments which appear in the upper level module is calculated by the semantics of the lower level argumentation framework.

### 1. はじめに

議論の発言の中から、「確実に成り立つことは何か」「確実に成り立たないことは何か」「絶対に成り立たないことは何か」を、識別する事は困難である。こうした問題に対しては、数理議論学が有効である。数理議論学では議論構造を「議論集合」と、それらの間の「攻撃関係」により議論フレームワーク (Argumentation Framework: AF) として表現し、その議論構造から導き出せる論証の成否 (意味論) を定義する [Dung 1995]。

我々は、議論解析を支援するツール Corte を開発し、大学対抗交渉コンペの議論記録や、TV の討論番組の議論記録を解析してきた [Kubosawa 2012]。Corte は入力された発言記録に出現する論証の前提部分や結論部分にタグ付けを行い、そのタグから論証構造を抽出し、数理議論学の理論を用いてその意味論を計算したり、議論スキルを評価したりする機能を持つ。

Corte は議論解析に便利なツールであるが、議論内容が複雑になった場合において、以下の問題が生じる。

議論の前提となっている知識が必ずしも真実ではなく、その前提知識自体が論争になっていることがある。たとえば、原発の再稼働の論争では、放射線の影響、経済活動への影響、地震対策など、さまざまな争点がある。それぞれの争点ごとに論争がなされ、その論争内容を受けて上位の再稼働の論争となっている。上位レベルの論争で使われている前提知識が、下位の論争では決着がついていないかもしれない。このような複雑な議論では、上位と下位の議論記録が別々に存在することがあり、同時に解析すると議論構造が複雑になりがちである。

また、数理議論学の意味論計算は、論証の数が増加すると、計算量が増えて、複雑な論争では、計算時間が膨大となる (数理議論学の意味論計算や、各意味論における質問評価の計算における計算量は、NP 完全、no-NP 完全、 $\Pi_2^P$  完全となっているものが多い。 [Dunne 2002]) したがって、上位レベルの議論と下位レベルの議論を別に解析した方が、計算時間が短くなる。

このような点から、われわれは上位レベルの議論と下位レベルの議論を別のモジュールとして、別に処理し、議論構造をなるべく単純化し、計算効率を高めることを目指す。

議論意味論にモジュール構造を導入する研究は従来からも行われてきた。Dung はたとえば、以下のように「p がモジュール  $M_0$  で成り立つ可能性があり、q がモジュール  $M_1$  で絶対に成り立つならば h が成り立つ」という論理式表現を導入し、論理式と議論モジュールの結合を行った [Dung 2010]。

$$h \leftarrow \text{call}(p, M_0, \text{cr}), \text{call}(q, M_1, \text{sk})$$

また、Bench Capon らは、論証に価値観を導入した価値ベース議論フレームワークを提案し、異なる価値観の優劣を議論するモジュールの意味論を計算し、その結果を利用して価値ベース議論フレームワークの意味論を計算する仕組みを提案した。Modgil は、拡張議論フレームワーク EAF を提案し、下位レベルの議論結果が上位レベルの議論の攻撃関係の信頼性に影響を与える仕組みを提案した [Modgil 2009]。また、この理論が Bench Capon の価値ベース議論フレームワーク VAF [Bench-Capon 2003] に適用可能であることを示した。

このようにモジュールを導入した議論フレームワークの先行研究はあるが、Dung は論理式の証明の根拠に議論フレームワークのモジュールを使うものであり、議論全体をモジュール化するものではない。また、Bench-Capon や Modgil らは、上位モジュールの議論フレームワーク中の攻撃関係の信頼性を下位モジュールで議論するものであり、上位モジュールの論証の信頼性を議論するものではなかった。一方、われわれの対象とする議論は、上位レベルの議論中の論証の信頼性を下位レベルの議論で計算する仕組みが必要であり、これは従来の研究では対処できないものであった。

そこで、我々は論証の信頼性を計算する新しい議論フレームワークを提案することを目的として研究を行った。

第 2 章では、関連研究を紹介し、第 3 章では統合した意味論について述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 価値ベース議論フレームワーク

Bench-Capon は、意見には、発言者の推し進めたい、もしくは、擁護したい価値観から引き出している影響が働いており、相手の重要視する価値に関する発言をしない限り、却下されてしまう事がある、という観点から、Argumentation Framework (AF) [Dung 1995] を拡張して、Value based Argumentation Framework (VAF) を提案した。VAF は以下の様に定義される。

連絡先: 仁科慧, 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻, 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 J2-53, TEL&FAX:0298-54-5204,

VAF = <AR, attacks, V, val, valpref, P>  
 AR: 論証集合, attacks : 論証間の攻撃関係  
 V: 価値の集合,  
 val : AR の要素から V の要素へと写像する関数.  
 valpref: 価値間の優先関係, p : 聴衆集合

AF では AR と attacks により議論の意味論が定義されるのに対し, VAF では, 個人の価値観 (価値と価値の間の優先関係) valpref も考慮して意味論が定義される。

## 2.2 拡張議論フレームワーク

Modgil は, 議論において, 論証間の攻撃が成立するかどうかは, 必ずしも一意に定まらない, という観点に立って拡張議論フレームワーク Extended Argumentation Framework (EAF) を提案した [Modgil 2009].

EAF の定義

$EAF = (AR, R, D)$

AR: 論証集合, R: 論証間の攻撃関係集合

D: 論証と攻撃関係間の打破関係

$R \subseteq AR \times AR, D \subseteq AR \times R$

EAF では, Bench-Capon の提唱した VAF の形式を表現することが, 次のような EAF の分割を設定することで可能である。

例:  $EAF = (AR, R, D)$  としたときに,

$EAF_0 = (AR_0, R_0, D_0), EAF_1 = (AR_1, R_1, D_1)$

$AR = AR_0 \cup AR_1, R = R_0 \cup R_1, D = D_0 \cup D_1$

## 3. モジュール議論フレームワーク

我々のモジュールベースの議論フレームワーク(MAF)は, 上下関係を持つ複数のモジュールと, モジュール間の上下関係からなる。各モジュールは単一の議論フレームワーク AF から構成される (図 1)。

$MAF = (Modules, access)$

Modules: モジュール M の集合

Access: (Modules  $\times$  Modules) で, 2 つのモジュール間の直接の上下関係

M: 議論フレームワーク  $AF = (Args, attacks)$

Args: 論証の集合

attacks: 論証間の攻撃関係

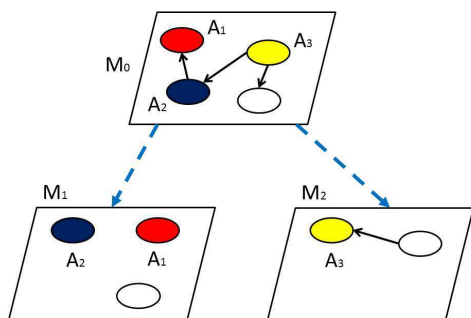


図 1 モジュールベースの議論フレームワーク

図 1 の  $MAF = (Modules, access)$  は, 次のような構造になる。  
 $Modules = \{M_0, M_1, M_2\}, access = \{(M_0, M_1), (M_0, M_2)\}$

この図で論証  $A_3$  は上位モジュール  $M_0$  の上では,  $A_3$  を攻撃する論証がないため, 基礎拡大に含まれる強い論証であった。しかし, 同じ論証  $A_3$  はモジュール  $M_2$  にも存在する。  $A_3$  は  $M_2$

では他の論証に攻撃されており, 弱い論証である。したがって,  $M_2$  を考慮すると,  $M_0$  では  $A_3$  を強い論証として意味論を計算することはできなくなり, 意味論の修正が必要となる。

このような観点から, 下位モジュールを考慮した上位モジュールの意味論の修正を図る。

以降は, 次の条件を前提として, MAB の意味論を定める。

$MAF = (Modules, Access)$  において,

$M_i, M_j \in Modules, M_i = (Args_i, attack_i), M_j = (Args_j, attack_j)$ ,

ただし,  $S_i \subseteq Args_i, S'_{ij} = (S_i \cap Args_j)$  とする。

### (1) 無矛盾 (conflict-free)

「論証集合  $S_i (S_i \subseteq Args_i)$  は,  $M_i$  において無矛盾である」ことを  $conflict-free(S_i, M_i)$  と表記する。ここでの無矛盾の定義は [Dung 1995] に示すものと同じである。

また,  $MAF$  において, 「 $M_j$  を考慮した  $M_i$  において, 論証集合  $S_i$  は無矛盾である」ことを,  $conflict-free(S_i, M_i, M_j)$  と表記する。これは以下のように,  $S_i$  内の論証が  $M_i$  だけでなく,  $M_j$  においても互いに攻撃する関係にないことを表す。

$conflict-free(S_i, M_i)$  かつ,  $conflict-free(S'_{ij}, M_j)$  ならば,

$conflict-free(S_i, M_i, M_j)$

ただし,  $S'_{ij} = (S_i \cap Args_j)$  である。

### (2) 論証の状態 (status)

論証  $a (a \in Args_i)$  が,  $M_i$  において基礎拡大の要素となっているとき, 「 $a$  は強い論証である」といい,  $status(a, M_i, sk)$  と表記する。また,  $a$  が  $M_i$  の完全拡大の要素となっているとき, 「 $a$  は成立しうる論証である」といい,  $status(a, M_i, cr)$  と表記する。

$status(a, M_i, sk)$  ならば,  $status(a, M_i, cr)$  が必ず成り立つ。

さらに,  $a$  が  $status(a, M_i, cr)$  でないとき, 「 $a$  は成立し得ない論証である」といい,  $status(a, M_i, def)$  と表記する。

論証  $a$  が  $M_j$  に存在しないときは  $status(a, M_i, sk)$  であるとする。

### (3) 受理可能 (acceptable)

「論証  $a (a \in Args_i)$  は, 論証集合  $S_i (S_i \subseteq Args_i)$  によって,  $M_i$  上で受理可能である。」とは,  $attack(x, a)$  なる任意の論証  $x$  に対して,  $attack(y, x)$  なる論証  $y (y \in S_i)$  が存在するとき, かつそのときに限る。これを  $acceptable(a, S_i, M_i)$  と表記する。

また, 「論証  $a (a \in Args_i)$  は, 論証集合  $S_i (S_i \subseteq Args_i)$  によって,  $M_j$  を考慮した  $M_i$  上で受理可能である。」とは,  $attack(x, a)$  なる任意の論証  $x$  に対して,  $attack(y, x)$  かつ  $status(y, M_j, cr)$  なる論証  $y (y \in S_i)$  が存在することである。これを  $acceptable(a, S_i, M_i, M_j, cr)$  と表記する。つまり,  $acceptable(a, S_i, M_i, M_j)$  とは, 下位モジュール  $M_j$  で成立可能性が保証された論証で受理されることを示している。

さらに, 「論証  $a (a \in Args_i)$  は, 論証集合  $S_i (S_i \subseteq Args_i)$  によって,  $M_j$  を考慮した  $M_i$  上で強く受理可能である。」とは,  $attack(x, a)$  なる任意の論証  $x$  に対して,  $attack(y, x)$  かつ  $status(y, M_j, sk)$  なる論証  $y (y \in S_i)$  が存在する事である。

これを  $acceptable(a, S_i, M_i, M_j, sk)$  と表記する。

つまり,  $acceptable(a, S_i, M_i, M_j, sk)$  とは, 下位モジュール  $M_j$  で成立が保証された論証で受理されることを示している。また,  $acceptable(a, S_i, M_i, M_j, sk)$  ならば,  $acceptable(a, S_i, M_i, M_j, cr)$  である。

### (4) 許容可能 (admissible)

「論証集合  $S_i (S_i \subseteq Args_i)$  によって,  $M_i$  上で許容可能である。」とは, 任意の論証  $a (a \in S_i)$  に関して  $acceptable(a, S_i, M_i)$  が成り立つことである。これを  $admissible(S_i, M_i)$  と書く。

「論証集合  $S_i (S_i \subseteq \text{Args}_i)$  によって,  $M_j$  を考慮した  $M_i$  上で許容可能である。」とは,  $\forall a \in S_i$  に関して,  $\text{acceptable}(a, S_i, M_i, M_j)$  が成り立つことである。

これを,  $\text{admissible}(S_i, M_i, M_j)$  と書く。

「論証集合  $S_i (S_i \subseteq \text{Args}_i)$  によって,  $M_j$  を考慮した  $M_i$  上で強く許容可能である。」とは,  $\forall a \in S_i$  に関して  $\text{acceptable}(a, S_i, M_i, M_j, \text{sk})$  が成り立つことである。

これを,  $\text{admissible}(S_i, M_i, M_j, \text{sk})$  と書く。

$\text{admissible}(S_i, M_i, M_j, \text{sk})$  ならば,  $\text{admissible}(S_i, M_i, M_j, \text{cr})$  である。

#### (5) 拡大(extension)

モジュール  $M_j$  を考慮したモジュール  $M_i$  での意味論における選好拡大と安定拡大は AF の定義に従う。

#### (6) 特性関数(characteristic function)

3 種類の特性関数を定義する。

- $F: 2^{\text{Args}_i} \times \text{Modules} \rightarrow 2^{\text{Args}_i}$

$F(S_i, M_i) = \{A_i \mid A_i \text{ は, } S_i (S_i \subseteq \text{Args}_i) \text{ が, } M_i \text{ で受理可能な論証の集合}\}$  これは, Dung [1995] で定義された特性関数と同じである。

- $F_{\text{cr}}: 2^{\text{Args}_i} \times \text{Modules} \times \text{Modules} \rightarrow 2^{\text{Args}_i}$

$F_{\text{cr}}(S_i, M_i, M_j) = \{a_i \mid a_i \text{ は, } S_i (S_i \subseteq \text{Args}_i) \text{ が, } M_j \text{ を考慮した上で, } M_i \text{ において受理可能な論証}\}$

- $F_{\text{sk}}: 2^{\text{Args}_i} \times \text{Modules} \times \text{Modules} \rightarrow 2^{\text{Args}_i}$

$F_{\text{sk}}(S_i, M_i, M_j) \{a_i \mid a_i \text{ は, } S_i (S_i \subseteq \text{Args}_i) \text{ が, } M_j \text{ を考慮した上で, } M_i \text{ で強く受理可能な論証}\}$

モジュール  $M_j$  を考慮したモジュール  $M_i$  での完全拡大, 基礎拡大は以下ようになる。

完全拡大は  $F_{\text{cr}}$  の不動点  $F_{\text{cr}}(S_i, M_i, M_j) = S_i$  である論証集合  $S_i$  となる。

基礎拡大は  $F_{\text{sk}}(S_i, M_i, M_j)$  の最小不動点である論証集合  $S_i$  となる。

#### (7) 統合した意味論の性質(property)

MAF の意味論の性質をここで述べる。そのために, 以下の 2 つの前提条件を提示する。

MAF=(Modules, Access)において,

$M_i, M_j \in \text{Modules}$ ,  $M_i = (\text{Args}_i, \text{attack}_i)$ ,  $M_j = (\text{Args}_j, \text{attack}_j)$

ただし,  $S_i \subseteq \text{Args}_i$ ,  $S'_{ij} = (S_i \cap \text{Args}_j)$  とする。

これを前提とした場合, 以下の性質が成り立つ。

- $S_i$  が  $M_i$  で基礎拡大,  $S'_{ij}$  が  $M_j$  で基礎拡大ならば,  $S_i$  は, モジュール  $M_j$  を考慮したモジュール  $M_i$  での基礎拡大である。
- $S_i$  が  $M_i$  で選好拡大,  $S'_{ij}$  が  $M_j$  で完全拡大ならば,  $S_i$  は, モジュール  $M_j$  を考慮したモジュール  $M_i$  での選好拡大である。
- $S_i$  が  $M_i$  で安定拡大,  $S'_{ij}$  が  $M_j$  で完全拡大ならば,  $S_i$  は, モジュール  $M_j$  を考慮したモジュール  $M_i$  での安定拡大である。

## 4. まとめ

MABA を参考に, 我々は議論にモジュール構造を与え, 上位モジュールの論証の妥当性を, 下位モジュールの論証によって, 判定する仕組みを持たせた。また, この仕組みから, AF 意味論の統合を行った。今後は, この意味論に基づき, 議論解析支援ツール Corte へモジュール構造の実装を行う。

## 参考文献

- [Dung 1995] Phan Minh Dung: “On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and  $n$ -person games”, *Artificial Intelligence* 77, ELSEVIER, 1995.
- [Kubosawa 2012] Shumpei Kubosawa, Youwei Lu, Shogo Okada, Katsumi Nitta: *Argument Analysis with Factor Annotation Tool*. JURIX2012:61-70
- [Dunne 2002] P. E. Dunne and T. J. M. Bench-Capon: *Coherence in finite argument systems*. *Artif. Intell.* 141 (2002) 187–203
- [Dung 2010] Phan Minh Dung: “Modular argumentation for modelling legal doctrines of performance relief”, *Argument and Computation*, Taylor & Francis 2010.
- [Modgil 2009] Sanjay Modgil: *Reasoning about preferences in argumentation frameworks*. *Artificial Intelligence* 173, ELSEVIER, 2009.
- [Bench-Capon 2003] T. J. M. Bench-Capon: *Persuasion in practical argument using value-based argumentation frameworks*. *Journal of Logic and Computation*, 13(3):429–448, 2003.