

議論フレームワークにおける 論証の正当性を示す負担の評価方法

Evaluation of the Burden of Justifying Arguments on Argumentation Frameworks

野村 尚新^{1*} 高橋 和子¹
Shoshin NOMURA¹ Kazuko TAKAHASHI¹

¹ 関西学院大学
¹ Kwansai Gakuin University

Abstract: We propose an evaluation method of an argument on an argumentation framework (AF) based on a new standard. Most of existing evaluation methods for an argument are defined based on a weight of an argument or a strength of an attack relation between arguments. On the other hand, we should consider not only a strength of an argument but also a burden of justifying an argument when we decide the most advantageous argumentation path that should be taken to make the claim to be admitted. In this report, we propose an evaluation based on a burden of justifying an argument on an AF, and also show that it is applicable to bipolar argumentation frameworks that have a support relation and a set-support relation, respectively, in addition to an attack relation.

1 はじめに

議論は互いに異なる意見をもつエージェント間の矛盾を解決し互いの合意を得るための有力な手段であり、人工知能の分野でも高い関心を集めている。特に Dung による抽象議論フレームワーク (AF) [9] の提唱は、計算機上で議論を扱うための有効な枠組みとなり、その後これを基盤とした意味論の定式化や現実問題への応用など様々な研究が行われてきた [14]。AF は論証と論証間の攻撃関係のペアで議論の構造を抽象化したものであり、どの論証が合意を得て正当化されるかという受理性について様々な意味論が提案されている。この受理性については受理されるか否かだけでなく、どの論証がより受け入れやすいかという定量的な要素を取り入れた研究 [4, 7]、また、論証や攻撃に重みをつけた重み付き議論フレームワークも提案されている [2, 3, 6, 10]。他にも、攻撃関係に加えて支持関係をいれた双極議論フレームワーク [1] への拡張や、さらに攻撃や支持を論証の集合と論証への関係に拡張したフレームワーク [5, 8, 11, 13] などが存在する。

本研究では AF において論証を正当化するために必要な負担ないし労力という観点に着目する。ある主張を相手に認めさせ正当化するために全体としてどれだけ

の負担を強いられるのかもしくは、反論するために複数の議論の展開があるときにどの展開を迎えるのが負担が少ないのかという点に関して、‘論証をサポートするための証拠提出の難易度’、また、‘主張と反論の連鎖の長さ’という 2 つの要素に着目してこの負担を計算し明示的に表現する方法について述べる。これまで注目されてこなかった論証の正当性を示すための‘負担’を数値化し論証の取捨選択や議論の戦略をたてるための新たな指標の提案を企図とする。

本発表の構成は以下の通りである。第 2 節で負担スコアの基本的なアイデアを説明する。第 3 節で AF をこれに論証の難易度を出力する関数 ev を加えて拡張した AF_e を定義する。第 4 節で AF_e 上での証明負担スコアの計算方法について述べる。第 6 節で AF の拡張フレームである BAF と exBAF を定義しこれらにおける負担スコアの計算方法について述べる。最後に第 ?? 節でまとめと今後の課題を示す。

2 正当性を主張するための負担

ある結論を示すために多くの事実や証拠を示す必要があったり、その事実や証拠を示すのが非常に困難な場合は、その議論の道筋をとるのは不利である。本研究において、このような正当性を示すための負担/労力を数値化する。この値は以下において負担スコアと呼

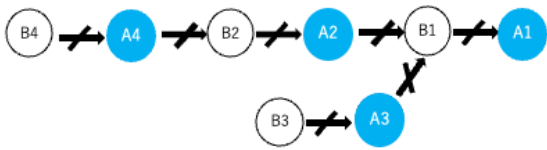
*連絡先：関西学院大学大学院理工学研究科
〒 563-0059 兵庫県三田市学園 2 - 1
E-mail: hnz97716@kwansai.ac.jp

ぶ。この負担スコアは、以下の2つの要因のペアで定義される。

- 論証を正当化するための議論の連鎖の長さ。
- 論証を正当化するための証拠提出の難易度。

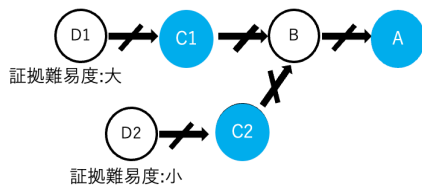
これら2つの値の直観的な説明を以下で与え次の節で形式的に定義していく。

多くの反論を受ける可能性のある議論は、その1つ1つに反論を準備をしなければならず、最終的な結論を正当化するのに多くの負担がかかる。例えば、以下のような例を考える。各ノードは論証、各スラッシュ付きの矢印は論証への攻撃を表す。



自分が A1 と主張しこれに対して、反論者は (B1,B2,B4) のルートと (B1,B3) の議論のルートのどちらも反論に成功している。ではどちらの反論ルートがより労力が少ないだろうか。本稿では、より少ない論証の連鎖で反論に成功している (B1,B3) のルートのほうが負担が少ないものとし以下でもそのように定義する。

これに加えて、本稿では論証をサポートするための証拠とその難易度という概念を導入する。ある主張は個人の主観性だけでなく客観的な証拠や論拠によってその正当性が保証される。しかし、それらの証拠を簡単に示せるかどうかは場合による。たとえばインターネットの検索ですぐに証拠となる記事が得られる場合と時間や費用をかけて実験をしないと立証できない場合では明らかに後者の方が手間がかかる。そして、正当性を示すための負担にはこの証拠提出の難易度も強く影響していると考えられる。次の例を見てみよう。



この場合、D1 のルートも D2 のルートも A の主張の反論に成功している。そのため、どちらか1つ選ぶだけでも反論することができる。そして、D1 よりも D2 のほうが証拠提出の難易度が低いためこちらのルートを選んで反論するほうが負担がより少ないと考えることができるだろう。以下においてこれらのアイデアを形式的に定義する。

3 拡張 AF の定義

議論はある主張 (下記で定義する AF の根ノード) に対して賛成派 (PRO 派) と反対派 (CON 派) が交互に発言しながら進行する。各発言 (論証) は相手の直前または過去の発言に対する反論である。論証の中身を考えず論証の構造のみを抽象化して表現したものが Dung の議論フレームワークである。

Definition 1 (議論フレームワーク). AR を空でない集合、 ATT を AR 上の関係、 $ATT \subseteq AR \times AR$ とするとき、ペア $\langle AR, ATT \rangle$ を 議論フレームワーク (AF) という。

$\langle AR, ATT \rangle$ に対し、 AR の要素を 論証、 ATT の要素を 攻撃とよび、それぞれをノード、エッジとしたグラフで表現される。本発表では、木構造の AF のみを扱う。

本研究では、この $AF = \langle AR, ATT \rangle$ に次の関数 $ev : AR \rightarrow \mathbb{N}$ を加えた3項組 $\langle AR, ATT, ev \rangle$ に拡張しこれを AF_e と呼ぶことにする。 ev は引数となる論証をサポートするための証拠 (論拠、情報ソース) を取得する際の難易度を自然数で出力する関数であり、この自然の値が高いほど難易度が高く低いほど難易度が低いとする。 ev は各論証に対して自然数を割り当てるが、本稿ではこのドメインは $\{0, 1, 2, 3\}$ 、つまり、難易度:なし・小・中・大の4段階程度を想定している。

証拠提出の難易度が0つまり負担が発生しない反論については、ただの論理的な不備の指摘など証拠が必要ない反論が挙げられる。例えば、「すべてのブラジル人はサッカーが上手である」という主張に対して、すぐさま「主張が論理的に強すぎる」や「偏見である」といった反論は提出できるが、このような論証の不備や説明不足などを指摘するような反論の場合は労力は0を割り当てる。

4 証明負担スコア計算方法

ある論証に対する正当性化の負担スコアは自然数のペア (n, m) で表現される。自然数 n と m はそれぞれ次の議論における負担を定量化したものになる。

n : 論証をサポートする際に必要な証拠の取得の難易度。

m : 論証を反論ないし擁護するための論証の連鎖の長さ。このペアの大小関係は辞書式順序で定義される。大小関係で証拠提出の難易度を優先する理由は、一般的に考えて論証の連鎖の長さよりも証拠提出の手間のほうが大きな負担を要すると考えられるからである。自然数のペアの加算は、 $(n_1, m_1) + (n_2, m_2) := (n_1 + n_2, m_1 + m_2)$ と定義される。そして、この大小関係と加算法則に従って、任意の自然数のペアの集合の最小の値を出力する

\min とこの集合のすべての要素を加算する Σ が定義される。

4.1 負担スコア計算

任意の $AFe = (AR, ATT, ev)$ が与えられたとして、まずこれを葉が反論で終わっている枝だけを残した AFe^- と葉が PRO 側で終わっている枝だけを残した AFe^+ に分ける。

- CON 側の AFe^- から負担スコアを出力 $\alpha : AR \rightarrow \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ を以下で定義する。

$$\alpha(A) =$$

$$\begin{cases} (ev(A), 1) & (A \text{ が葉ノードの場合}) \\ \min\{\alpha(B_i) \mid i \leq k\} & (A \text{ が PRO 側かつ枝 } B_0, \dots, B_k \text{ を持つ場合}) \\ \min\{\alpha(B_i) \mid i \leq k\} + (ev(A), 1) & (A \text{ が CON 側かつ枝 } B_0, \dots, B_k \text{ を持つ場合}) \end{cases}$$

ただし、ここにおいて $A \in AFe^-$ である。

- PRO 側の AFe^+ から負担スコアを出力 $\beta : AR \rightarrow \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ を以下で定義する。

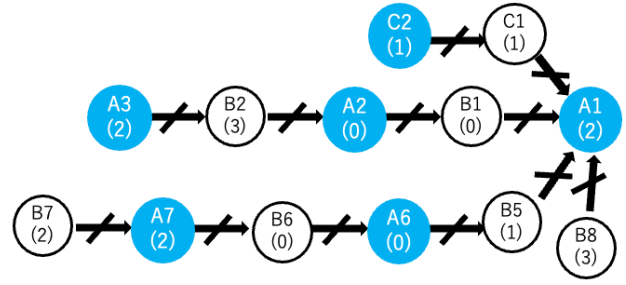
$$\beta(A) =$$

$$\begin{cases} (ev(A), 1) & (A \text{ が葉ノードの場合}) \\ \Sigma\{\beta(B_i) \mid i \leq k\} + (ev(A), 1) & (A \text{ が PRO 側かつ枝 } B_0, \dots, B_k \text{ を持つ場合}) \\ \Sigma\{\beta(B_i) \mid i \leq k\} & (A \text{ が CON 側かつ枝 } B_0, \dots, B_k \text{ を持つ場合}) \end{cases}$$

ただし、ここにおいて $A \in AFe^+$ である。

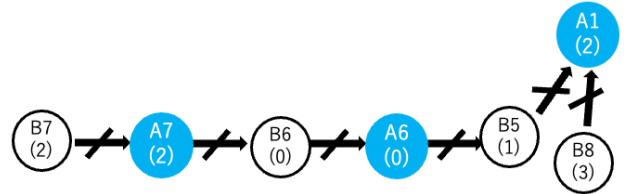
この定義は、以下のようなアイデアに基づいている。 AFe^- を計算する際、全ての葉ノードは CON 側であるが、CON 側は最も負担の少ない論証のルートを選択すればそれだけで反論に成功する。したがって、 A の評価値はすべての経路の評価値の最小値 (\min) となる。 AFe^+ を計算する際、全ての葉ノードは PRO 側であるが、PRO 側はすべての反論を潰す努力をする必要がある。したがって、 A の評価値はすべての経路の評価値の和 (Σ) となる。

Example 1. 例えば次のような単純な AFe を考える。各ノード (X) の下についている数字はそのノードの証拠提出の難易度 ($ev(X)$) を表している。



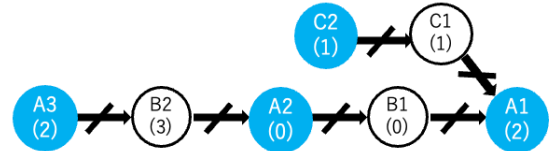
$A1$ の論証に関しては下ルートの反論が成功しているため反論が成功していると言える。しかし、本研究では議論の勝ち負けよりも正当性を示す負担という点に着目しているため、CON 側 (白ノード) と PRO 側 (青ノード) 両方の負担スコアを計算する。

(AFe^-) 下図の CON 側の図である AFe^- を考えてみよう。



この場合、 $\alpha(A1) = \min\{\alpha(B5), \alpha(B8)\}$ となり、 $\alpha(B8) = (3, 1)$ 、 $\alpha(B5) = (3, 3)$ と計算できるため、CON 側の負担スコアは $(3, 1)$ となる。

(AFe^+) 下図の PRO 側の図である AFe^+ を考えてみよう。



$\beta(A1) = \Sigma\{\beta(C1), \beta(B1)\} + (2, 1)$ となり、 $\beta(C1) = (1, 1)$ 、 $\beta(B1) = (2, 2)$ と計算できるため、 $(1, 1) + (2, 2) + (2, 1)$ より PRO 側の負担スコアは $(5, 4)$ となる。

この例のように基本的に PRO 側のほうが CON 側よりも大きな労力を要する。

5 双極議論フレームワーク (BAF) への拡張

AF に攻撃関係だけでなく支持関係も加えることで拡張したものが双極議論フレームワーク (BAF) である。

5.1 単純な BAF

まず、論証間の支持関係を導入した BAF について述べる。

Definition 2 (BAF). AR を論証の空でない集合、 ATT および SUP を AR 上の関係、 $ATT, SUP \subseteq AR \times AR$ とするとき、3項組 $\langle AR, ATT, SUP \rangle$ を (単純な) 双極議論フレームワーク (BAF) という。

$\langle AR, ATT, SUP \rangle$ に対し、 AR の要素を **論証**、 ATT の要素を **攻撃**、 SUP の要素を **支持**とよぶ。

論証 B が論証 A を攻撃し、論証 C が論証 B を攻撃する場合、 A, C は同じ立場であり、 C は A を支持すると見なすことができる。このことから、論証 C が論証 A を支持する場合、 A, C 間に反論 B を導入して B が A を攻撃し、 C が B を攻撃するように変換し、 A, C が受理集合に含まれるという意味を変えることなく AF の形にすることができる。これはたとえば次の2つのような発言があるとき

- A: 年金制度を根本的に変更しなくても経済の安定化ははかれる。
- B: 消費税をあげれば年金制度を根本的に変更しなくてもいいからだ。

A という主張を否定する C という反論を挟むことに相当する。

- C: 年金制度を根本的に変更しなくても経済の安定化ははかれるはずがない。

つまり、支持関係に中間的なノードを挿入し攻撃関係で結びつけることで任意の BAF は AF に変換可能である。したがって、前節の負担スコアの計算方法を BAF に対しても適用できる。具体的に BAF を AF に変換する手順を示す。先ほどと同様、 $BAF = \langle AR, ATT, SUP \rangle$ に証拠提出の難易度を出力する関数 ev を加えて、 $BAFe = \langle AR, ATT, SUP, ev \rangle$ に拡張する。 $BAFe$ から $AFe' = \langle AR', ATT', ev' \rangle$ の各要素は次のように定義される。

- $ATT' = ATT \cup \{(a, c), (c, b) \mid (a, b) \in SUP\}$
- $AR' = ATT'$ における論証の集合
- $ev'(x) = \begin{cases} ev(x) & \text{if } x \in AR \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases}$

(ただし、 $c \notin AR$)。サポート関係の中間ノードになる論証 c に対して 0 を割り当てるのは、サポート関係はそもそも誰の目から見ても明らかな反論に対しての備えであり、そのような明らかに共通理解を得られるような反論には証拠提出の難易度は必要ないと考えるためである。この手順により BAF を AF に変換すれことができ、これにより、前節で述べた負担コストの計算方法が BAFe に対しても適用可能である。

5.2 Set-support をもつ BAF

次に、論証の集合から論証への支持関係を導入した exBAF の扱いを述べる。exBAF は応用によっては複数の論証がそろってはじめてある論証が成り立つ場合があることから導入された枠組みである。

Definition 3 (exBAF). AR を論証の空でない集合、 ATT を AR 上の関係、 $SSUP$ を AR の集合と AR の関係 $ATT \subseteq AR \times AR$, $SSUP \subseteq 2^{AR} \setminus \emptyset \times AR$ とするとき、3項組 $exBAF$ を set-support を持つ双極議論フレームワーク (exBAF) という。

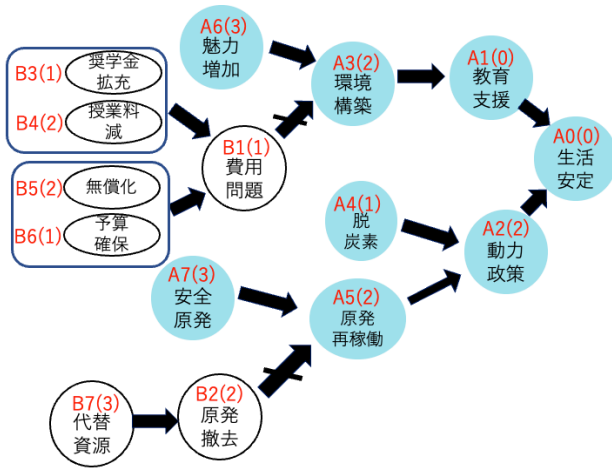
先ほどと同様に $exBAF$ に関数 ev を加えて $exBAFe = \langle AR, ATT, SSUP, ev \rangle$ に拡張する。この場合は、 $AFe' = \langle AR', ATT', ev' \rangle$ の各要素は次のように定義される。

- $ATT' = ATT \cup \{f(a) \mid a \in SSUP\}$
ただし、 $f(\{A_0, \dots, A_k\}, B) := \{(A_i, C_i), (C_i, B) \mid i \leq k\}$
- $AR' = ATT'$ における論証の集合、
- $ev'(x) = \begin{cases} ev(x) & \text{if } x \in AR \\ 0 & \text{o.w.} \end{cases}$

(ただし $C_i \notin AR$ ($i = 0, \dots, k$) とする)。この手順により、 $exBAFe$ を AF に変換することができ、それにより前節で述べた負担コストの計算手法が適用できる。

5.3 具体例

これまで定義してきた議論の正当性を示す負担スコアを実際の政治の議論 (政策) に即して定義した具体的な $exBAFe$ で見てみたい [15]。この図におけるノード名 A_0 などの横にカッコで付している自然数は ($ex(X)$) を意味する。証拠提出の難易度の設定は著者が割り振った。その結果、CON 側の負担スコアは、 $\alpha(A_0) = (5, 4)$ ($A_0 \in exBAFe^-$) となり、PRO 側の負担スコアは、 $\beta(A_0) = (13, 8)$ ($A_0 \in exBAFe^+$) となる。



6 おわりに

本発表では、単純な AF 上で証明の負担ないし労力を指標とした論証の評価方法を提案した。計算には論証や関係自身の重みや強さは考慮せず、葉ノードに相当する証拠の重みとエッジの数のみを負担の計算の要素とした。また、それが単純な AF だけでなく論証間の関係を拡張した AF に対しても有効であることを示した。これによって既存の評価指標とは異なる論証の評価を与えることができ、AF の使いかたに幅ができた。今後は、木構造以外の AF にも拡張していくことを検討している。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17H06103 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Amgoud, L., Cayrol, C., Lagasquie-Schiex, M. C. and Livet, P.: On bipolarity in argumentation frameworks. *Int. J. Intell. Syst.*, 23(10):1062–1093 (2008).
- [2] Amgoud, L. and Ben-Naim, J.: Evaluation of arguments from support relations: axioms and semantics. In *IJCAI2016*, 900-906 (2016).
- [3] Amgoud, L. Ben-Naim, J., Doder, D. and Vesic, S.: Acceptability semantics for weighted argumentation frameworks. In *Proc. of IJCAI2017*, 56-62 (2017).
- [4] Amgoud, L.; and Doder, D.: Gradual semantics accounting for varied-strength attacks. In *Proc. of AAMAS2019*, 1270–1278, 2019.
- [5] Arisaka, R. and Satoh, K.: Coalition formability semantics with conflict-eliminable sets of arguments. In *Proc. of AAMAS 2017*, 1469-1471 (2017).
- [6] Baroni, P. et al.: Automatic evaluation of design alternatives with quantitative argumentation. *Argument and Computation*, 6(1): 24-49 (2015).
- [7] Bonzon, E., Delobelle, J., Konieczny, S. and Maudet, N.: A Comparative Study of Ranking-Based Semantics for Abstract Argumentation. In *Proc. of AAAI2016*, 914-920 (2016).
- [8] Cayrol, C., Lagasquie-Schiex, M.-C.: Coalitions of arguments: a tool for handling bipolar argumentation frameworks. *Int. J. Intell. Syst.*, 25(1): 83-109 (2010).
- [9] Dung, P. M.: On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. *Artif. Intell.*, 77: 321-357 (1995).
- [10] Dunne, P.E., Hunter, A., McBurney, P., Parsons, S. and Wooldridge, M.J.: Weighted argument systems: basic definitions, algorithms, and complexity results. *Artif. Intell.*, 175(2): 457-486 (2011).
- [11] Gabbay, D. M. and Rodrigues, O.: An equational approach to the merging of argumentation networks. *J. Log. Comput.*, 24(6): 1253-1277 (2014).
- [12] Nishihana, K., Nomura, S. and Takahashi, K.: Hybrid Reasoning Using Weighted Bipolar Argumentation Framework for Legal Simulation. In *Proc. of JURISIN2021*, 68-81 (2021).
- [13] Kawasaki, T., Moriguchi, S. and Takahashi, K.: Hybrid reasoning on a bipolar argumentation framework. In *Proc. of SUM 2019*, 79-92 (2019).
- [14] Simari, G. R. and Rahwan, I., eds.: *Argumentation in Artificial Intelligence*. Springer (2009).
- [15] 西鼻洗佑, 高橋和子, 重み付き双極議論フレームワーク上の評価値計算と応用. 情報処理学会第 84 回全国大会 (2022)