

# 双極議論フレームワークを使った推論

高橋 和子

関西学院大学理工学部

2019年10月14日

基盤S 2019年度中間発表会

- 研究目的: 議論フレームワークを用いて議論の構造を可視化することで推論過程や戦略を明確にし, 法曹の理解を助けるとともに, 一般関係者に対する説明を明確につくる.

# これまでの取り組み

- 法推論全体や推論過程を明示することで法的推論の支援を目的とした研究
- PROLEG から BAF への変換と得られた BAF の意味論の提案と変換の正当性 [SAFA18, JSSST18, IPSJ19]
  - PROLEG: 条文を論理プログラムとして記述
  - 双極議論フレームワーク (BAF): 法や構成要素間の因果関係の把握
- **BAF を使った推論の提案** [JURISIN18, JSAI19, SUM19]
- PROLEG ブロック図の争点整理バージョンの開発 (佐藤教授と共同)
- 新田教授関係

## BAF を使った推論の提案

- 議論全体の構造と論証間の関係の把握
- 法律を適用する/しないために必要な証拠の同定
- **双方向推論**

## 例：殺人罪と正当防衛

- 規則（法律）  
構成要件が満たされれば，例外が成り立たない限り，法律は適用される
  - 殺人罪 ← 自然人  $\wedge$  殺人行為  $\wedge$  殺意.
  - 例外 (殺人罪, 正当防衛).
  - 正当防衛 ← 不正侵害  $\wedge$  相当性  $\wedge$  必要性  $\wedge$  急迫性  $\wedge$  防衛意思.
  - 例外 (正当防衛, 積極的加害意思).
- 事実 (個別の案件で成り立つ事実や証拠)
  - 自然人.
  - 殺人行為.
  - 殺意.
  - 不正侵害.
  - 急迫性.
  - 必要性.
  - 相当性.
  - 防衛意思.

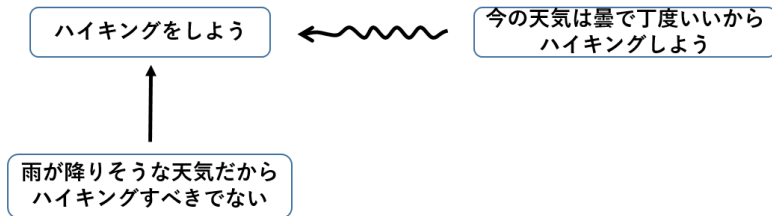
# 双極議論フレームワーク

- 議論

- 自分の考えを論理的に提示しあう話し合い
- 議論全体を過程と共に論理モデルで明示可能

- 双極議論フレームワーク (Bipolar Argumentation Framework, **BAF**)

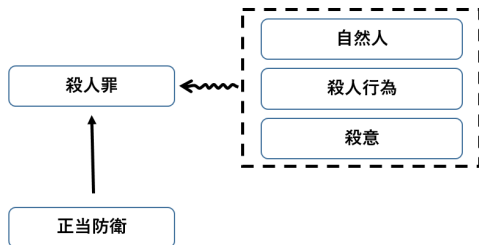
- 議論を抽象化しグラフ表現として形式化できる枠組み
- ノードが論証, エッジが論証間の関係 (実線が攻撃, 波線が支持)



本研究で扱う BAF はループや合流部を含まないものに限定している

# 双極議論フレームワーク

BAF は論証 (発言), 論証間の攻撃関係, 論証と論証集合の間の支持関係を用いた 3 項組  $\langle AR, ATT, SUP \rangle$  で定義される



$\langle AR, ATT, SUP \rangle =$   
 $\langle \{ \text{殺人罪, 自然人, 殺人行為, 殺意, 正当防衛, 積極的加害意思} \},$   
 $\{ (\text{正当防衛, 殺人罪}), (\text{積極的加害意思, 正当防衛}) \},$   
 $\{ (\{ \text{自然人, 殺人行為, 殺意} \}, \text{殺人罪}) \}$

どの論証を受理するかを決める  
ラベリング  $\mathcal{L} : AR \rightarrow \{in, out\}$

- ラベルが in : 受理する
- ラベルが out : 受理しない

## 定義 (完全ラベリング)

$\langle AR, ATT, SUP \rangle$  において, 任意の  $A \in AR$  に対するラベリング  $\mathcal{L}$  が以下を満たす時, 完全ラベリングという.

- ①  $(\forall B \in AR, \neg att(B, A)) \wedge (\forall \mathbf{A} \subseteq AR, \neg sup(\mathbf{A}, A))$  であるならば  $\mathcal{L}(A) = in$ .
- ②  $(\forall B \in AR, att(B, A) \Rightarrow \mathcal{L}(B) = out) \wedge (\exists \mathbf{A} \subseteq AR, sup(\mathbf{A}, A) \wedge \mathcal{L}(\mathbf{A}) = in)$  であるならば,  $\mathcal{L}(A) = in$ .
- ③ そうでなければ  $\mathcal{L}(A) = out$ .



# ラベリング (1)

- $(\forall B \in AR, \neg \text{att}(B, A)) \wedge (\forall \mathbf{A} \subseteq AR, \neg \text{sup}(\mathbf{A}, A))$  であるならば  $\mathcal{L}(A) = in$ .

攻撃されておらず，支持もされていないならラベルを in にする (末端ノード)

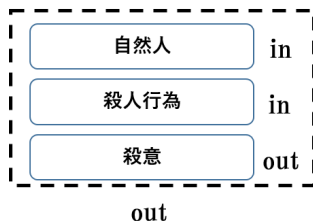
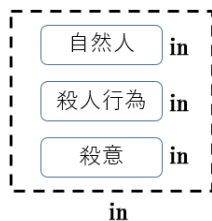
自然人 in

殺人行為 in

殺意 in

# 論証集合のラベリング

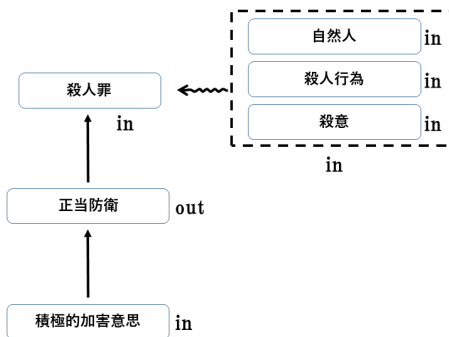
$\mathbf{A} \in (2^{AR} \setminus \{\emptyset\})$  に対して,  $\forall A \in \mathbf{A}, \mathcal{L}(A) = in$  のときに  $\mathcal{L}(\mathbf{A}) = in$ , そう  
でなければ  $\mathcal{L}(\mathbf{A}) = out$  とする  
(支持をするノードはグループ化して考える)



## ラベリング (2)

- $(\forall B \in AR, att(B, A) \Rightarrow \mathcal{L}(B) = out) \wedge (\exists \mathbf{A} \subseteq AR, sup(\mathbf{A}, A) \wedge \mathcal{L}(\mathbf{A}) = in)$   
であるならば,  $\mathcal{L}(A) = in$ .

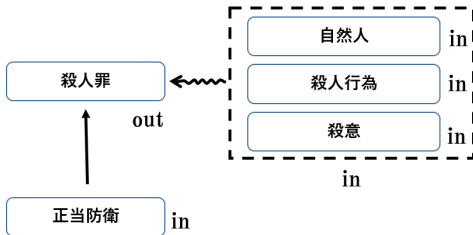
どの受理した論証からも攻撃されておらず、少なくとも一つの受理した論証集合から支持されているなら受理する



# ラベリング (3)

- そうでなければ  $\mathcal{L}(A) = out$ .

それ以外のものは受理されない



## 法律に対応する BAF

- 法律は一般規則と例外で記述でき、一般規則の条件が成り立つかつ例外が成り立たなければその法律は有効である。
- 条件を論証、一般規則を支持関係、例外を攻撃関係として BAF を構築

## 一般の BAF 意味論との相違

- 1 つでも条件が満たされないと法律は有効ではない  $\Rightarrow$  支持関係は論証のベキ集合と論証の集合の関係として定義
- 例外のみで定義される法律はなく、必ず一般規則が存在する  $\Rightarrow$  支持してくれる論証をもたないような論証のラベルは (たとえ out とラベリングされた論証から攻撃されても) out である。

## 例：殺人罪と正当防衛

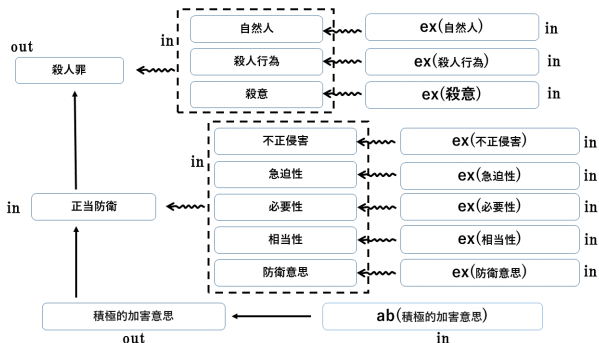
- 規則（法律）  
構成要件が満たされれば，例外が成り立たない限り，法律は適用される
  - 殺人罪 ← 自然人  $\wedge$  殺人行為  $\wedge$  殺意.
  - 例外 (殺人罪, 正当防衛).
  - 正当防衛 ← 不正侵害  $\wedge$  相当性  $\wedge$  必要性  $\wedge$  急迫性  $\wedge$  防衛意思.
  - 例外 (正当防衛, 積極的加害意思).
- 事実 (個別の案件で成り立つ事実や証拠)
  - 自然人.
  - 殺人行為.
  - 殺意.
  - 不正侵害.
  - 急迫性.
  - 必要性.
  - 相当性.
  - 防衛意思.

## 定義 (存在論証集合)

- ① 存在論証  $\text{ex}(A)$ : 論証  $A$  に対する証拠が存在することを表す論証
- ② 不存在論証  $\text{ab}(A)$ : 論証  $A$  に対する証拠が存在しないことを表す論証
- ③ 存在不存在論証: 存在論証または不存在論証
- ④ 無矛盾な集合: 存在不存在論証の集合  $S$  に対して,  $\text{ex}(A) \in S$  かつ  $\text{ab}(A) \in S$  を満たす論証  $A$  がない

# ラベリング (4)

全体



absence node (ab) は証拠がないことを表す



- ① 議論全体の構造と論証間の関係の把握
- ② 法律を適用する/しないために必要な証拠の同定
- ③ 双方向推論

# 推論 1. 議論全体の構造と論証間の関係の把握

議論の進行に応じて BAF が更新される

- 反論や証拠のノードの追加
- ノードのラベル (in/out) の変更

これによって

- 論証間の因果関係がわかる
- 議論全体の構造がわかる

## 推論 2. 法律を適用する/しないために必要な証拠の同定

規則部分を BAF として表示

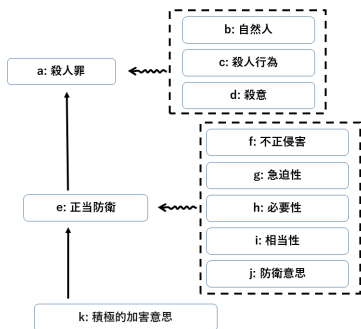
- 目的とする罪状に対するノードを in/out にするための条件をトップダウンに求める

これによって

- 法律を適用する/しないために何を事実として示せばよいかわかる

# 必要な証拠の同定：目標

規則の部分 を BAF で表示



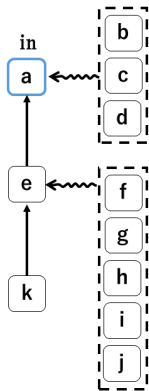
- 検察側  
殺人罪を適用 (ノード a のラベルを in)
- 弁護側  
殺人罪を回避 (ノード a のラベルを out)

# 必要な証拠の同定：推論規則

- あるノードを in にするためには (AND 条件)
  - すべての攻撃ノードを out とする (反論はすべて無効になっている)
  - ある支持ノード集合を in とする (1 つでも理由がたつ)
- あるノードを out にするためには (OR 条件)
  - ある攻撃ノードを in とする (1 つでも有効な反論がある)
  - すべての支持ノード集合を out とする (理由がまったくたたない)

# 検察側 STEP1(1)

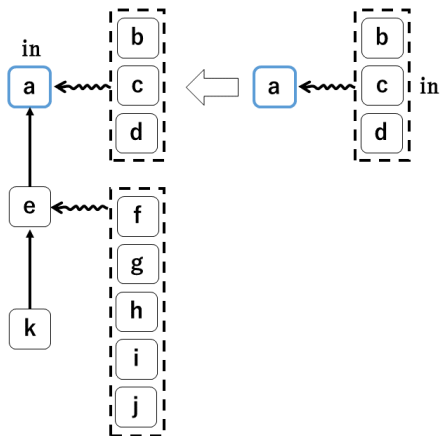
Make  $\mathcal{L}(a) = in$



a の支持ノード集合の 1 つを in にする, かつ a の攻撃ノードのすべてを out にする

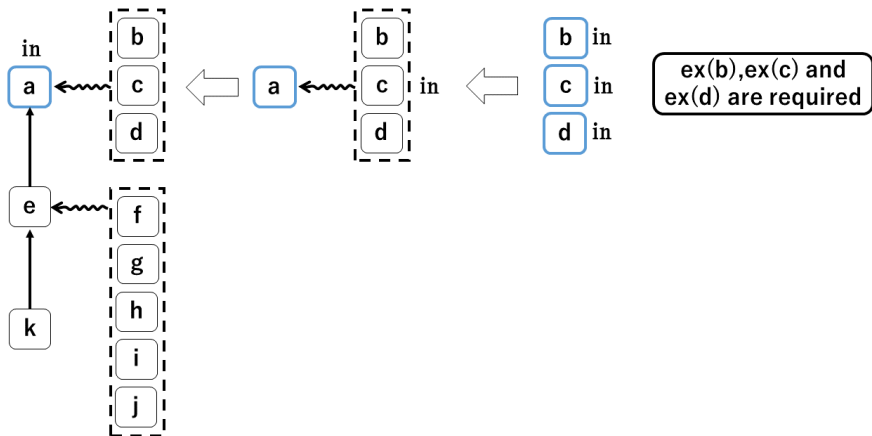
## 検察側 STEP1(2)

a の支持ノードの集合の 1 つを in にする



# 検察側 STEP1(3)

a の支持ノードの集合の 1 つを in にする

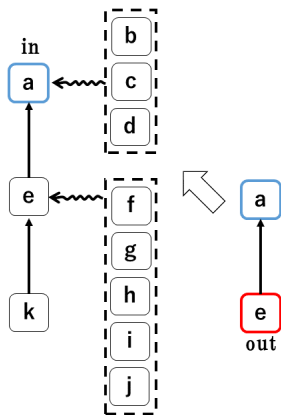


その集合のすべての要素を in にする



# 検察側 STEP1(4)

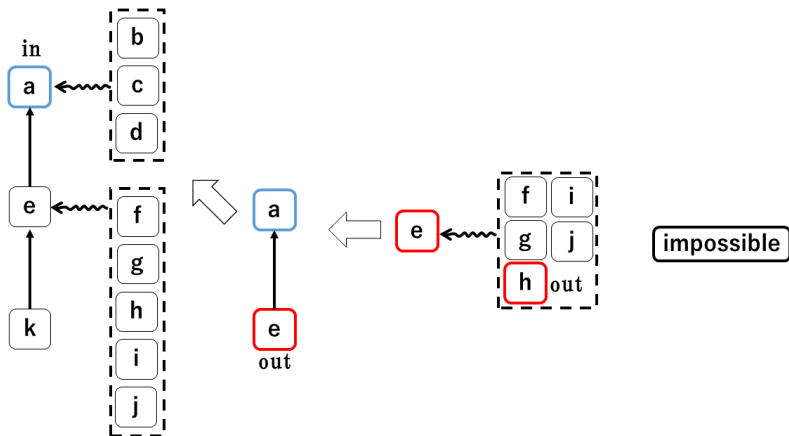
a の攻撃ノードすべてを out にする



e の支持ノード集合すべてを out にする, または e の攻撃ノードの 1 つを in にする

# 検察側 STEP2(1)

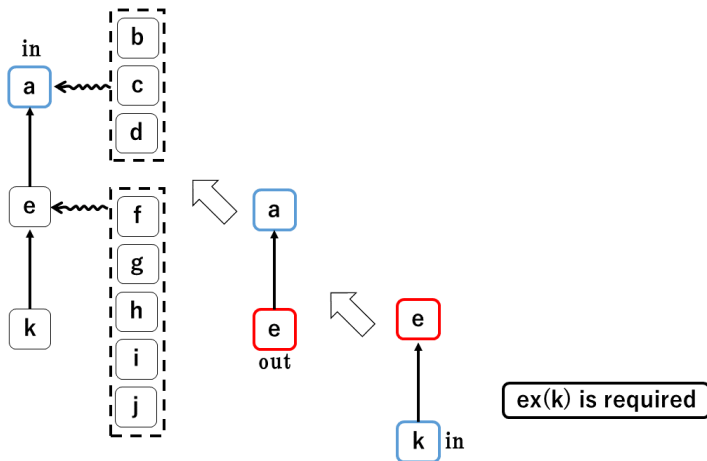
e の支持ノード集合すべてを out にする



それらの集合すべてについて、その要素の1つをoutにする

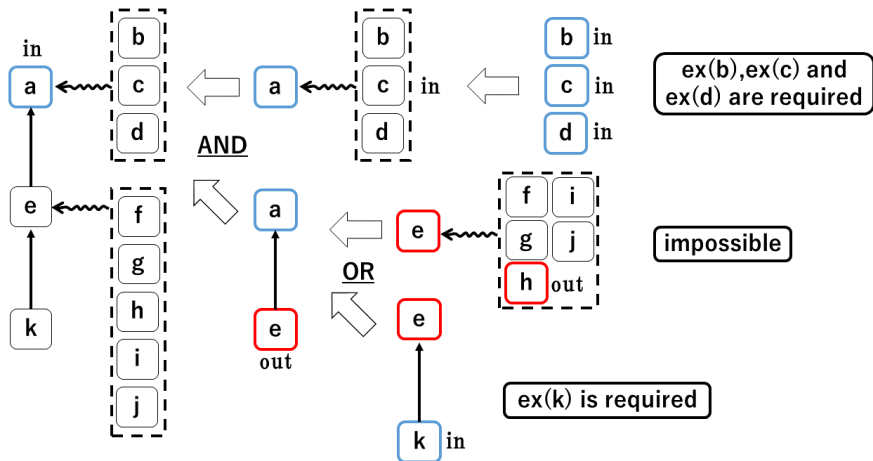
# 検察側 STEP2(2)

e の攻撃ノード集合の 1 つを in にする



# 必要な証拠の同定：検察側

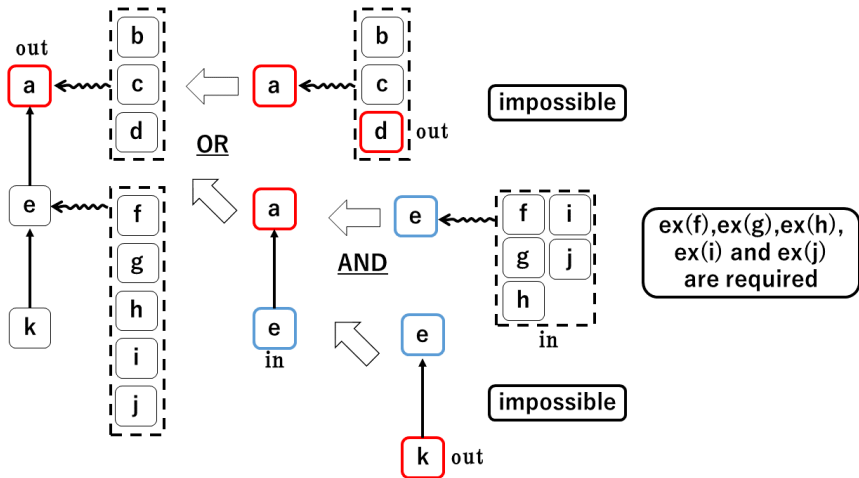
Make  $\mathcal{L}(a) = in$



結論：ex(b), ex(c), ex(d), ex(k) が証拠として必要

# 必要な証拠の同定：弁護側

Make  $\mathcal{L}(a) = out$



結論：不可能 (相手のやることなので制御不能)

# 必要な証拠の同定：全体のまとめ

結果として,

- 検察側  
殺人罪を適用 (ノード a のラベルを in)  
→  $ex(b), ex(c), ex(d), ex(k)$  が証拠として必要
- 弁護側  
殺人罪を回避 (ノード a のラベルを out)  
→ 不可能

法律に疎いユーザがシステムと対話することで BAF を段階的に更新する.

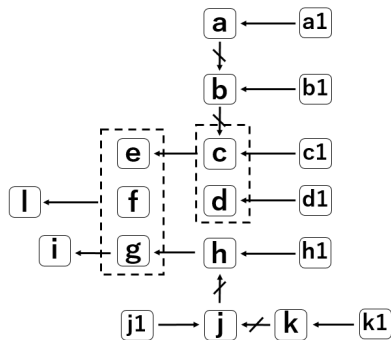
- 法律の規則部分は BAF として与えられるものとする (ubaf と呼ぶ)  
(ただしユーザは知らない)
- 現在わかっている事実 (末端ノード) からはじめてボトムアップに導出可能な論証を導出し, どのような罪状を訴えることができるかを推論
- それ以外の論証を導出 (罪状を適用) させるためにどのような証拠が必要かをトップダウンに推論

- ① 手持ちの事実集合から支持関係をボトムアップに可能な限りたどり、得られたノードに攻撃関係を追加してラベル付けし、最上流で受理可能な集合を結論集合とする。
- ② 新たな上流ノードが得られなくなれば停止する。
- ③ 結論集合のノードの1つに注目し、それにいくつかのノードを新たに加えると、さらに別の上流のノードを導出できるかどうかを調べる。
- ④ このようなノードが存在すれば、新たに加えるノードを成り立たせるために必要な事実集合をトップダウンに推論する。
- ⑤ 得られた結果をユーザに確認し事実集合を更新する。



# 全体 BAF

以下のような規則全体を表す BAF (ubaf) が与えられたとする。

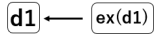
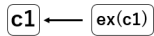
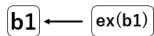
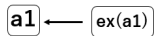


{  $ex(a1), ex(b1), ex(c1), ex(d1)$  } が最初の手持ちの事実集合として与えられたとする

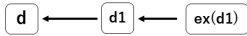
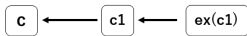
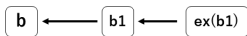
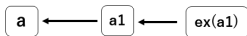
注意：図で直線のエッジは支持関係，エッジに線のはいったものは攻撃関係．支持集合の要素が1つの場合、矩形は省略。

# ボトムアップ推論 (1)

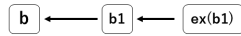
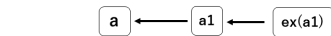
手持ちの事実集合から支持関係を可能な限り上向きに辿る。



(a)



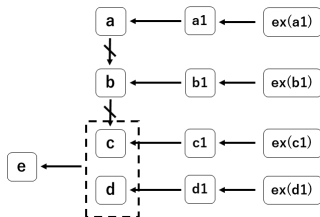
(b)



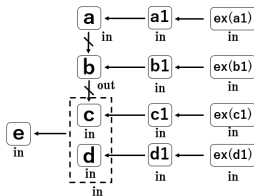
(c)

## ボトムアップ推論 (2)

得られたノードに攻撃関係を追加してラベル付けし、最上流で受理可能な集合を結論集合とする。



(d)

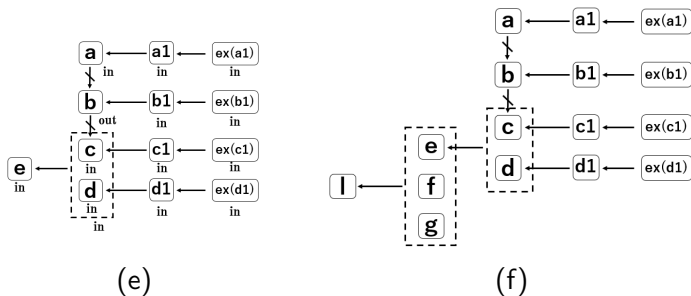


(e)

結論集合として  $\{ a, e \}$  が得られる

# 差分集合の検索

結論集合のノードの1つに注目し、それにいくつかのノード(差分集合)を新たに加えると、さらに別の上流のノードを導出できるかどうかを調べる。



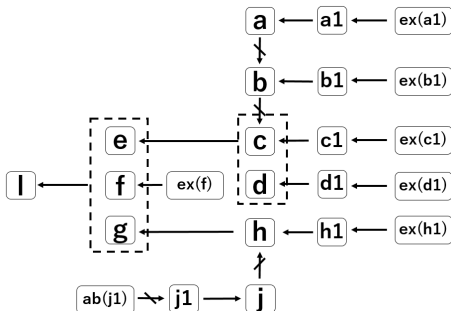
f, g を加えると、{ e, f, g } と l の間に支持関係が見つかる

# トップダウン推論

差分集合  $\{f, g\}$  の要素を in にするために必要な事実集合をトップダウンに推論する.

(1)  $f$  を in にするための事実として  $ex(f)$  が見つかる.

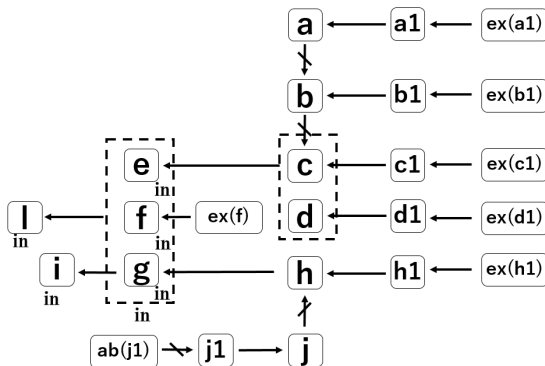
(2)  $g$  を in にするための事実として  $ex(j1), ex(h1), ab(j1)$  が見つかる.



結果として得られる事実集合： $\{$   
 $ex(a1), ex(b1), ex(c1), ex(d1), ex(f), ex(h1), ab(j1) \}$

# 双方向推論の結果

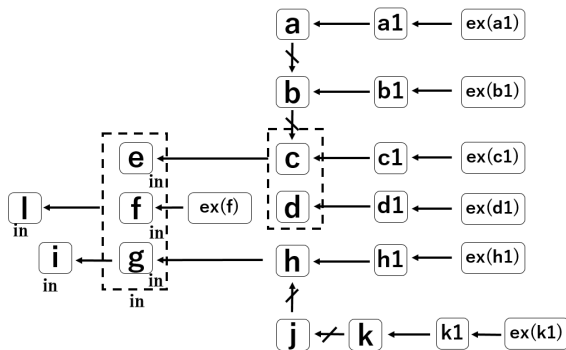
これを繰り返すことで得られる BAF.



結果として得られる結論集合： $\{ a, l, i \}$

# 双方向推論の結果：別解

これを繰り返すことで得られる BAF.



結果として得られる事実集合： $\{$   
 $ex(a1), ex(b1), ex(c1), ex(d1), ex(f), ex(h1), ex(k1) \}$   
結果として得られる結論集合： $\{ a, l, i \}$

- 司法修習生：判決裁判に向けての戦略の確認
- 一般人：法律相談前の調査検討



## まとめ

裁判の上での議論に向けた BAF およびその意味論を定義し、その上での推論を 3 種類示した。

- 議論全体の構造と論証間の関係の把握
- 法律を適用する/しないために必要な証拠の同定
- 双方向推論

## 今後の課題

- 計算量の議論
- 実装