

業務フロー図の検証

高木理， 清野貴博， 竹内泉，
和泉憲明， 高橋孝一

独立行政法人 産業技術総合研究所
(システム検証研究センター & 情報技術研究部門)

背景

- EAI2: 産総研の大規模情報システム
 - 開発ベンダーに依存しない包括フレームワーク
 - 逐次的・全体的な最適化
- 本研究グループの役割
 - EAI2で用いられるダイアグラム(業務フロー図・画面遷移図・データモデル図等)の検証手法の開発
- AIST workflow verifier
 - EAI2の開発グループの協力のもと, 本グループが開発を行ってきた業務フロー図の検証システム
 - 主な機能の一つとして, エビデンス・ライフサイクルの検証機能が上げられる.

図形

AIST業務フロー

開始 終了 事務の流れ

データの流

手作業での確認

ファイル

保管

グループ化

別フローから遷移

スィムレーン

コンピュータ操作

手作業

業務システム

電子媒体

分岐判断

フロー内での遷移

注釈

帳票

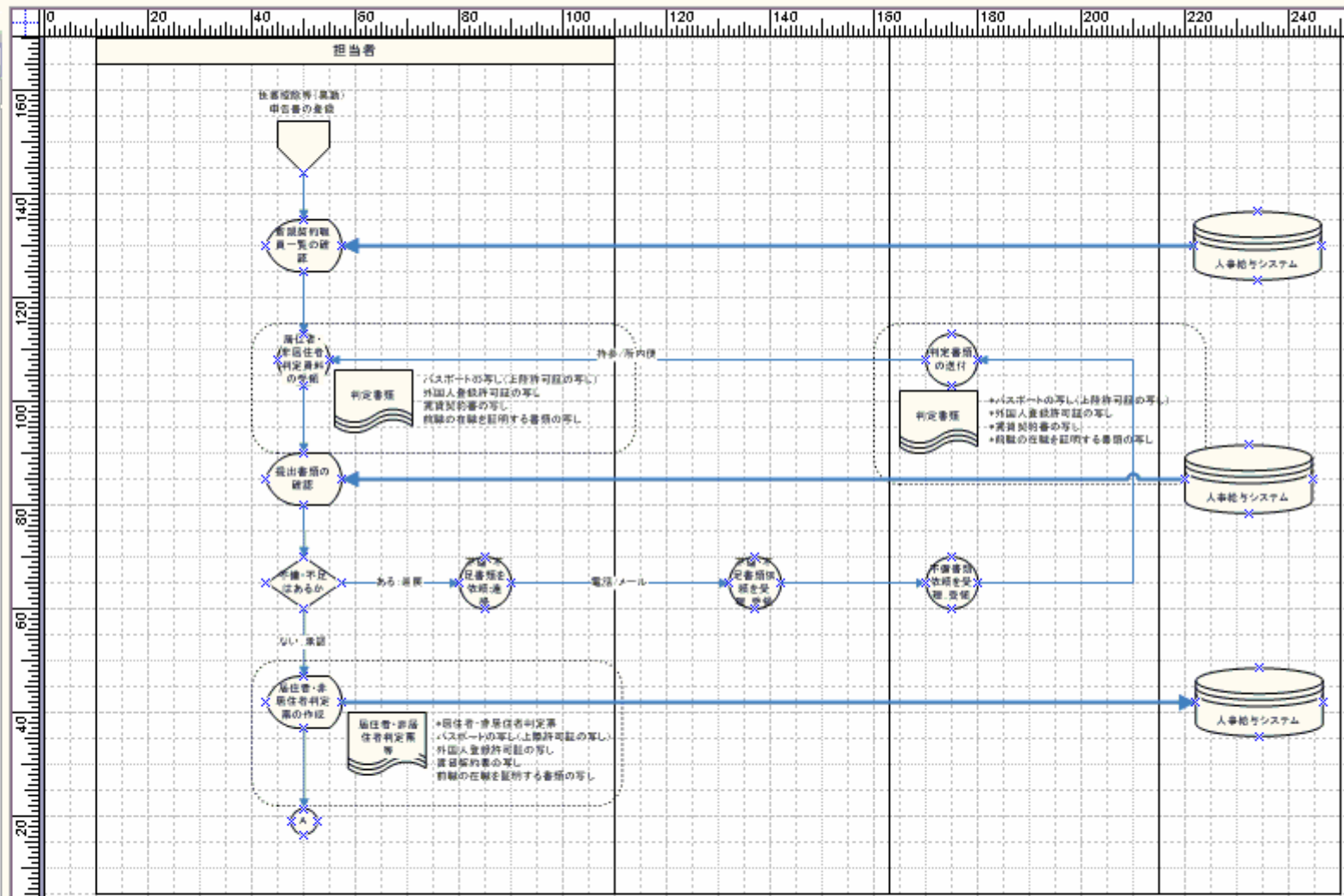
その他の物品

集合待ち

別フローへ遷移

注釈説明

メモ



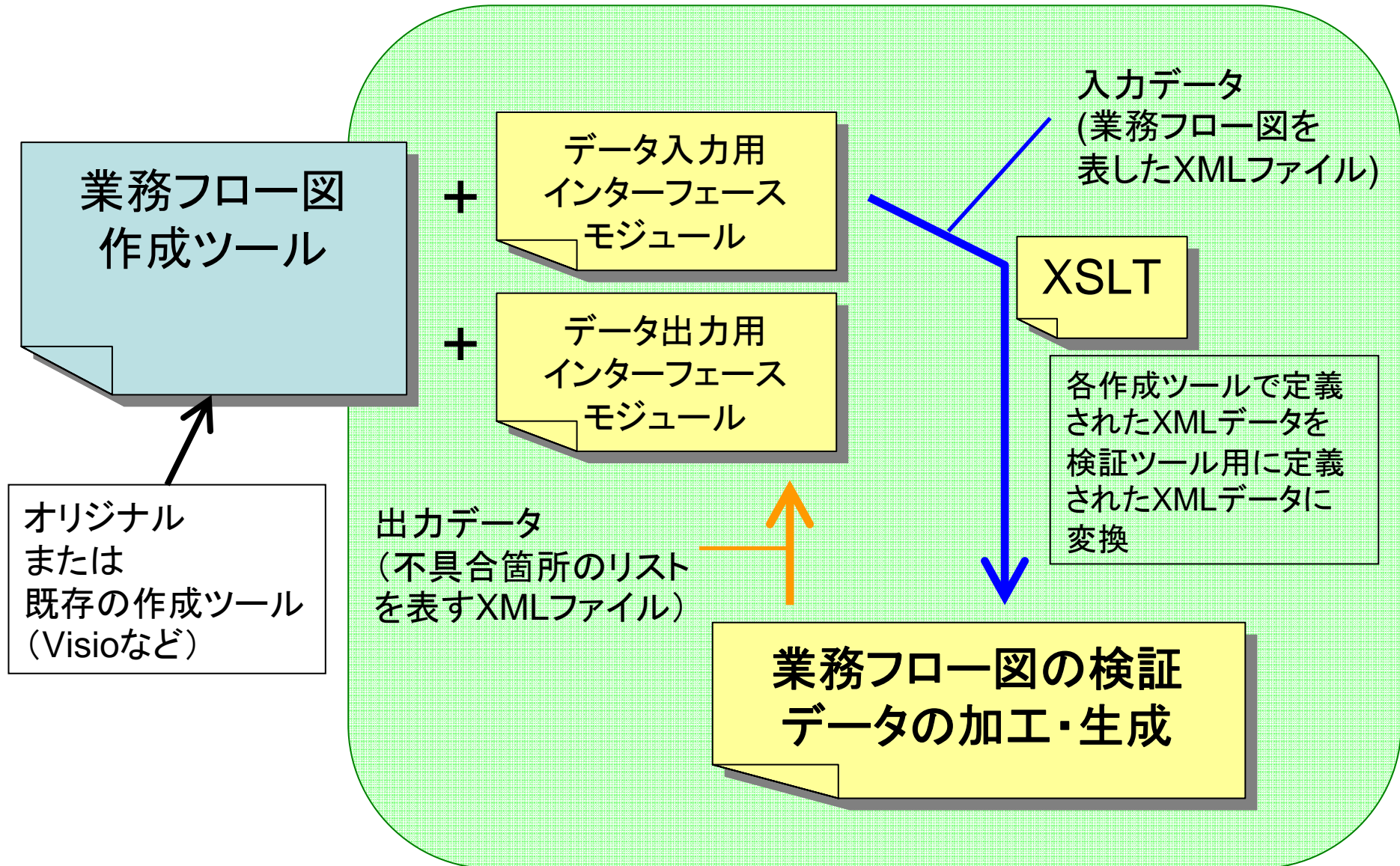
◀ ◻ ▶ ▶▶ \ 居住者・非居住者の判定1 / 居住者・非居住者の判定2 / 背景 ▶▶▶

エラー

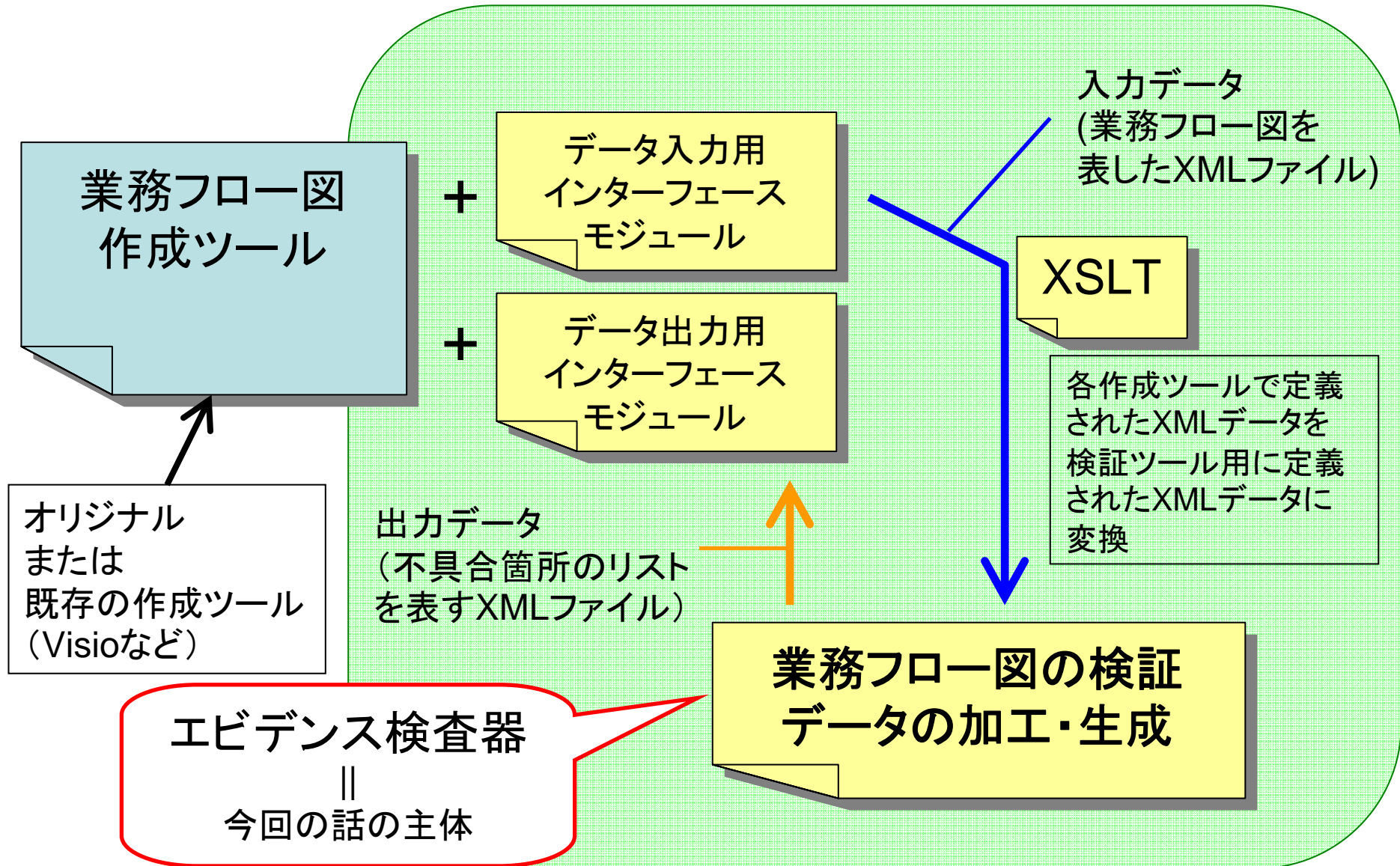
検証の結果、エラーがあります。下記のエラー内容をご確認ください。

[1]	コメント	初出マークの無いエビデンスが現れる経路があります
	山生マカシム, ページ	居住者・非居住者の判定1

AIST Workflow Verifier



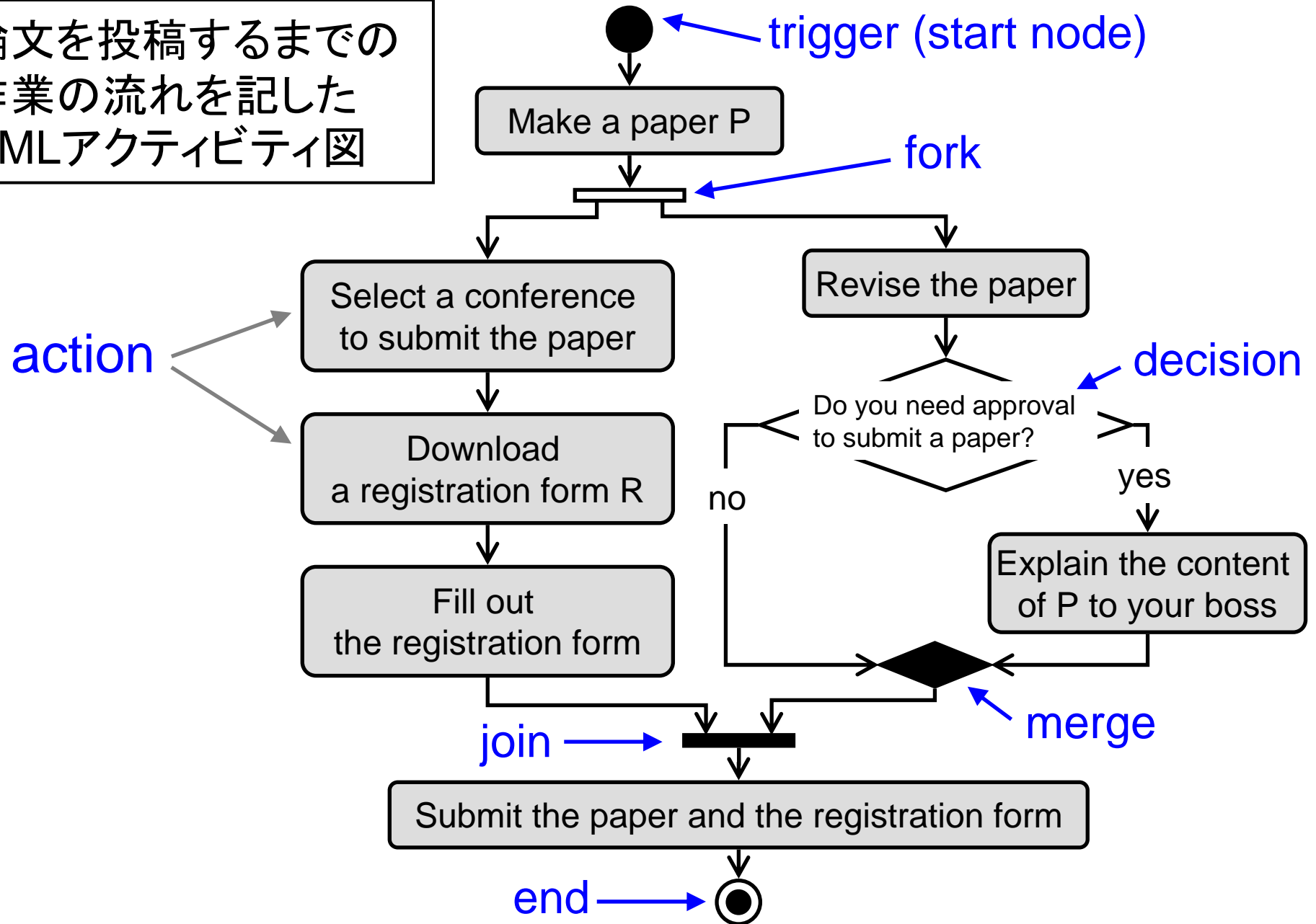
AIST Workflow Verifier



- これ以降においてお話しする内容
 - ー 背景
 - なぜエビデンス・ライフサイクルの整合性を検証するのか？
 - ELAD
 - ー エビデンス検査器の構成
 - ー 適用実験

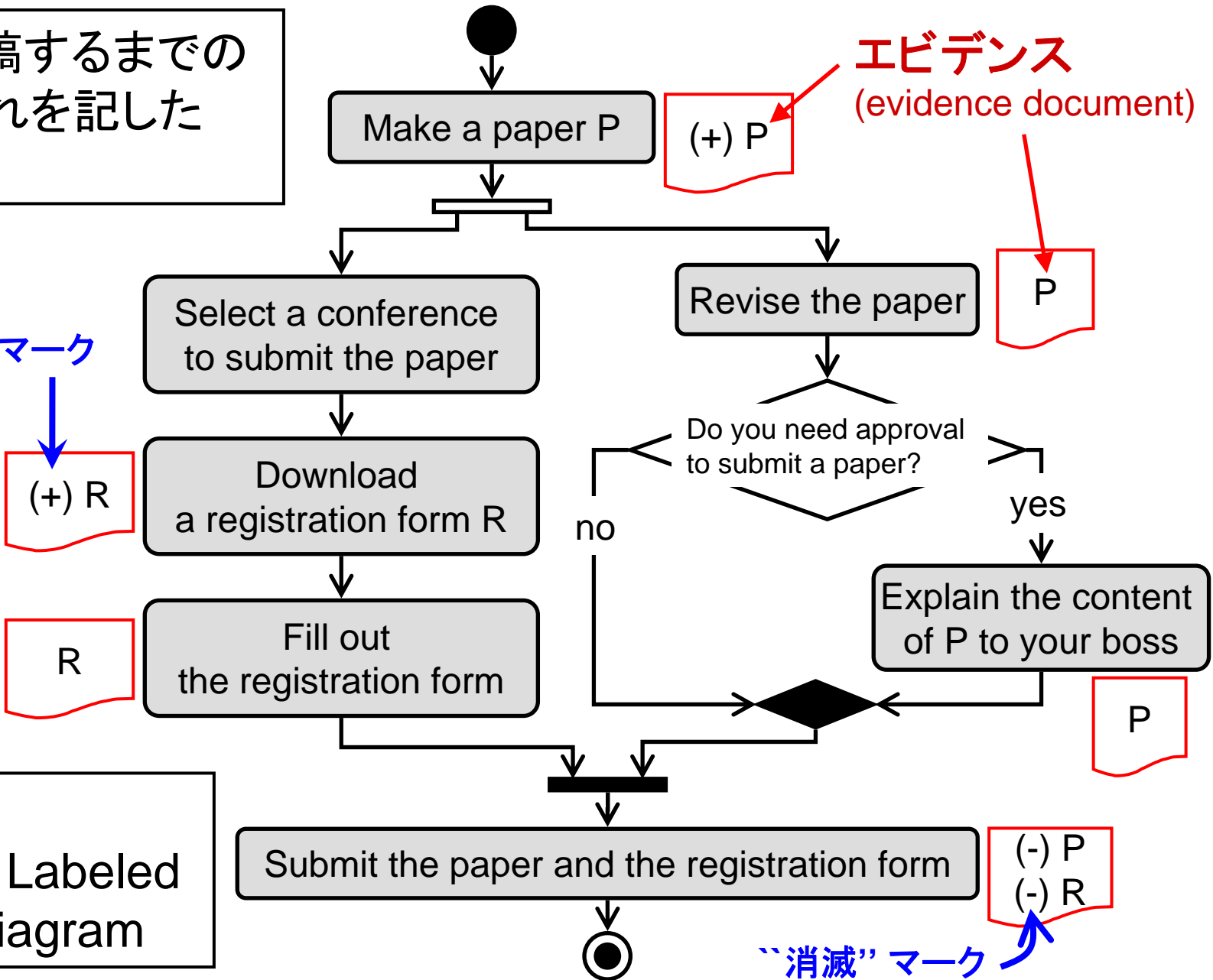
- これ以降においてお話しする内容
 - 背景
 - なぜエビデンス・ライフサイクルの整合性を検証するのか？
 - ELAD
 - エビデンス検査器の構成
 - 適用実験

論文を投稿するまでの
作業の流れを記した
UMLアクティビティ図



論文を投稿するまでの作業の流れを記した
ELAD

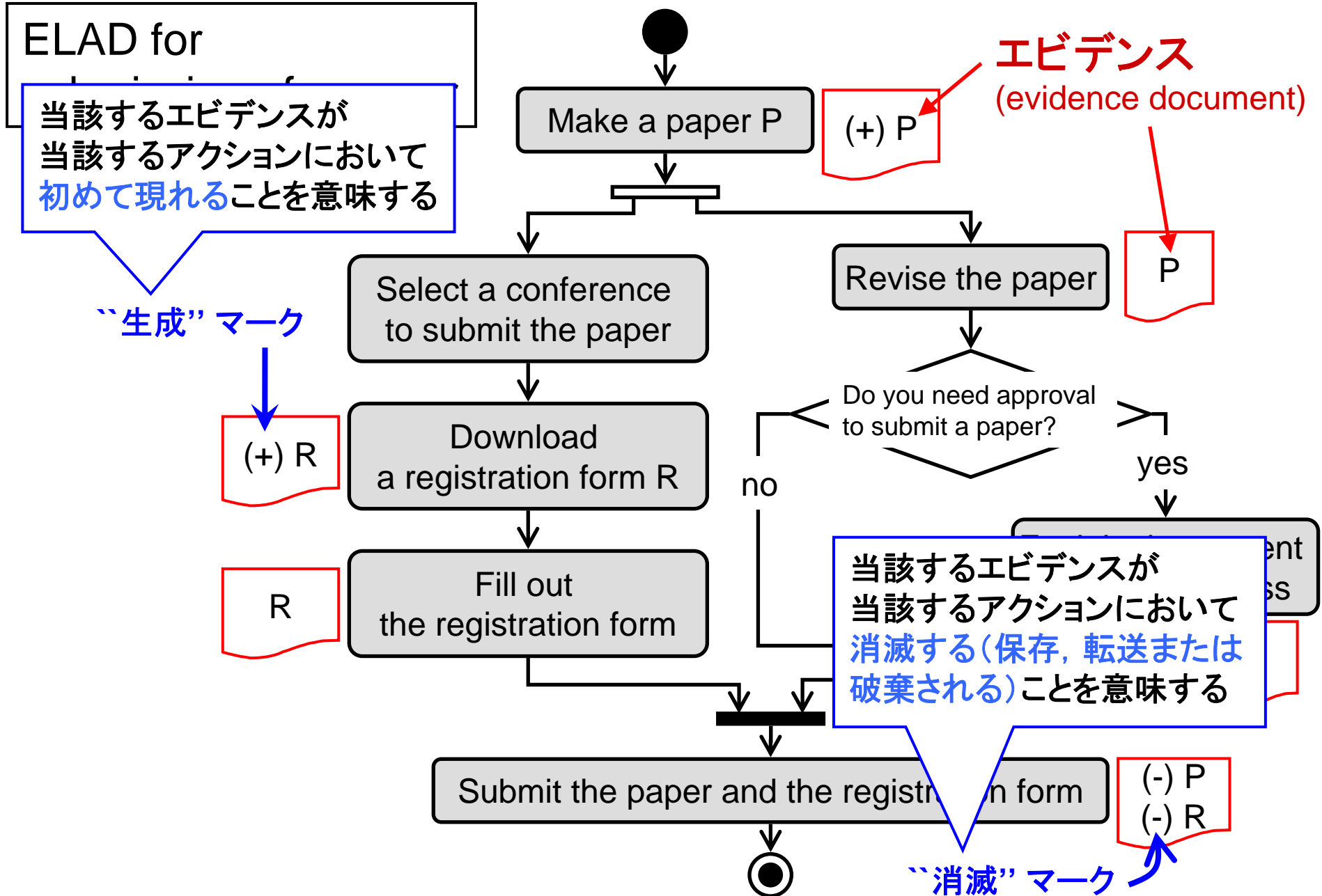
“生成” マーク



エビデンス
(evidence document)

ELAD =
Evidence Labeled
Activity Diagram

“消滅” マーク



- ここでは ELAD ≡ 業務フロー図 として議論を進める.
- 簡単のため, 今回の講演では, ELADにおけるアクターやデータフローに関する記述は省略する.

なぜエビデンス検証か？(1)

Fact 1

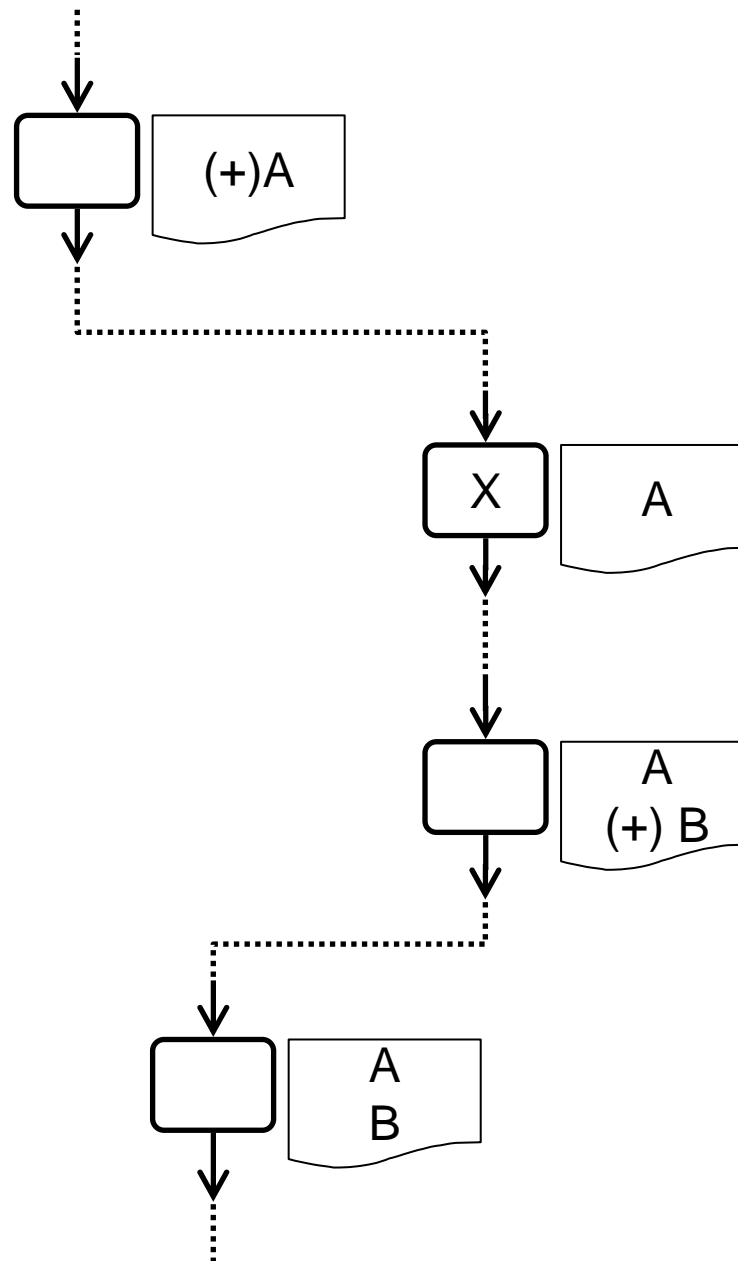
基幹業務系システム開発で用いられる業務フロー図において記述される作業のほとんどは、何らかのエビデンスまたはデータベース上のデータを加工する一連の作業に外ならない。

なぜエビデンス検証か？(2)

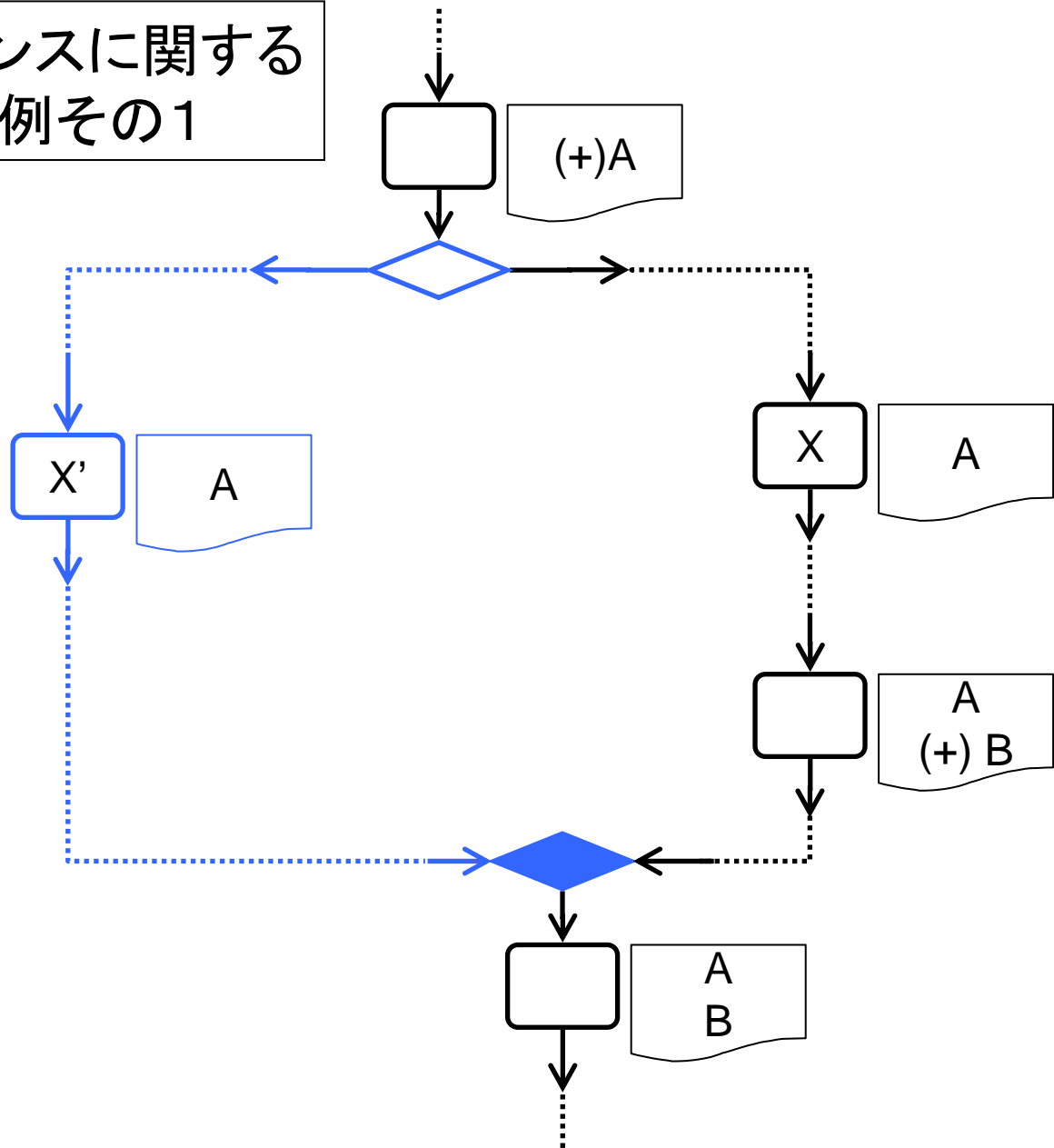
Fact 2

実際の基幹業務系システム開発において作成される業務フロー図の中には、エビデンスに関して曖昧な、あるいは整合的でない記述が多く見られる。

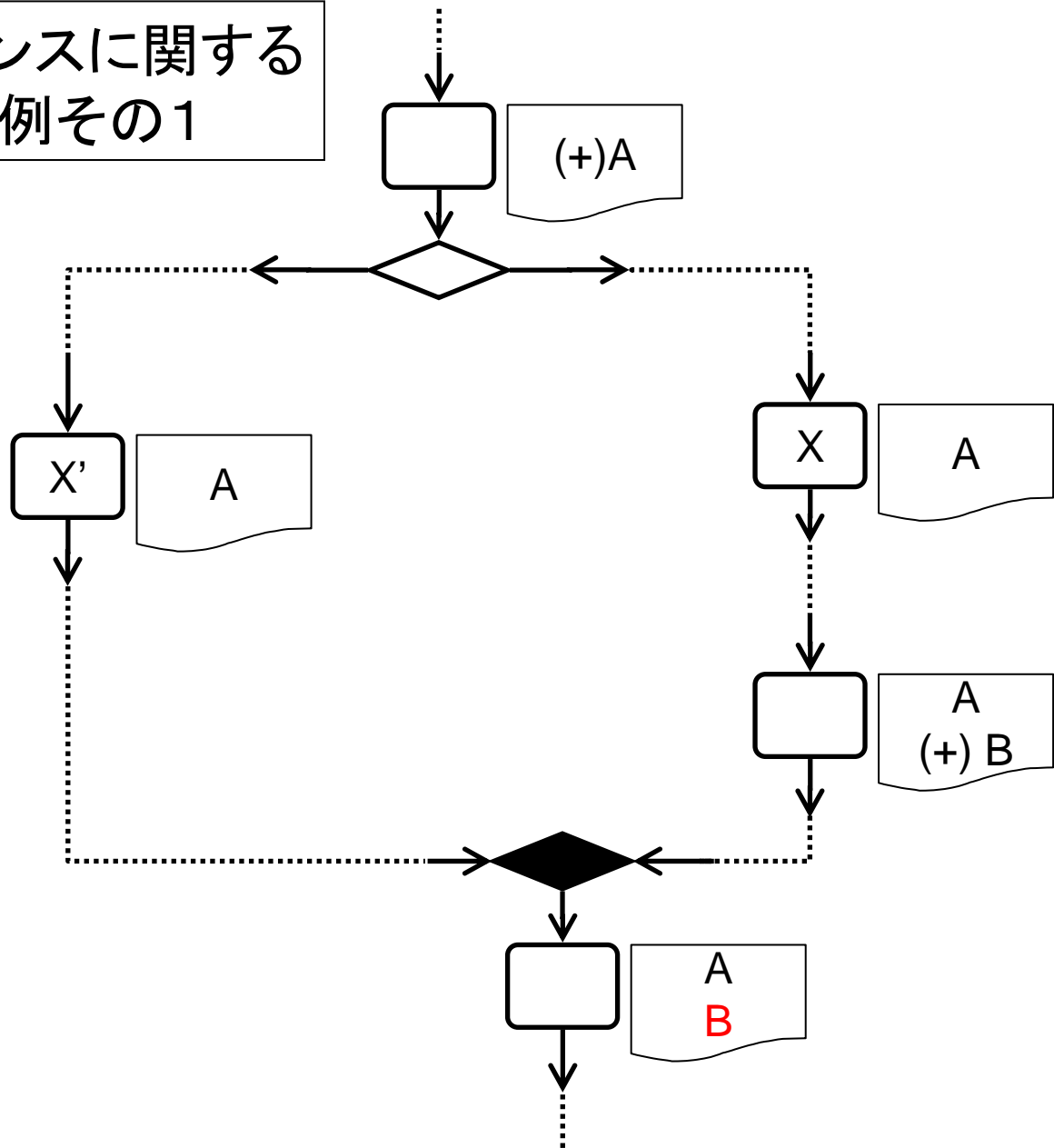
エビデンスに関する
バグの例その1



エビデンスに関する
バグの例その1

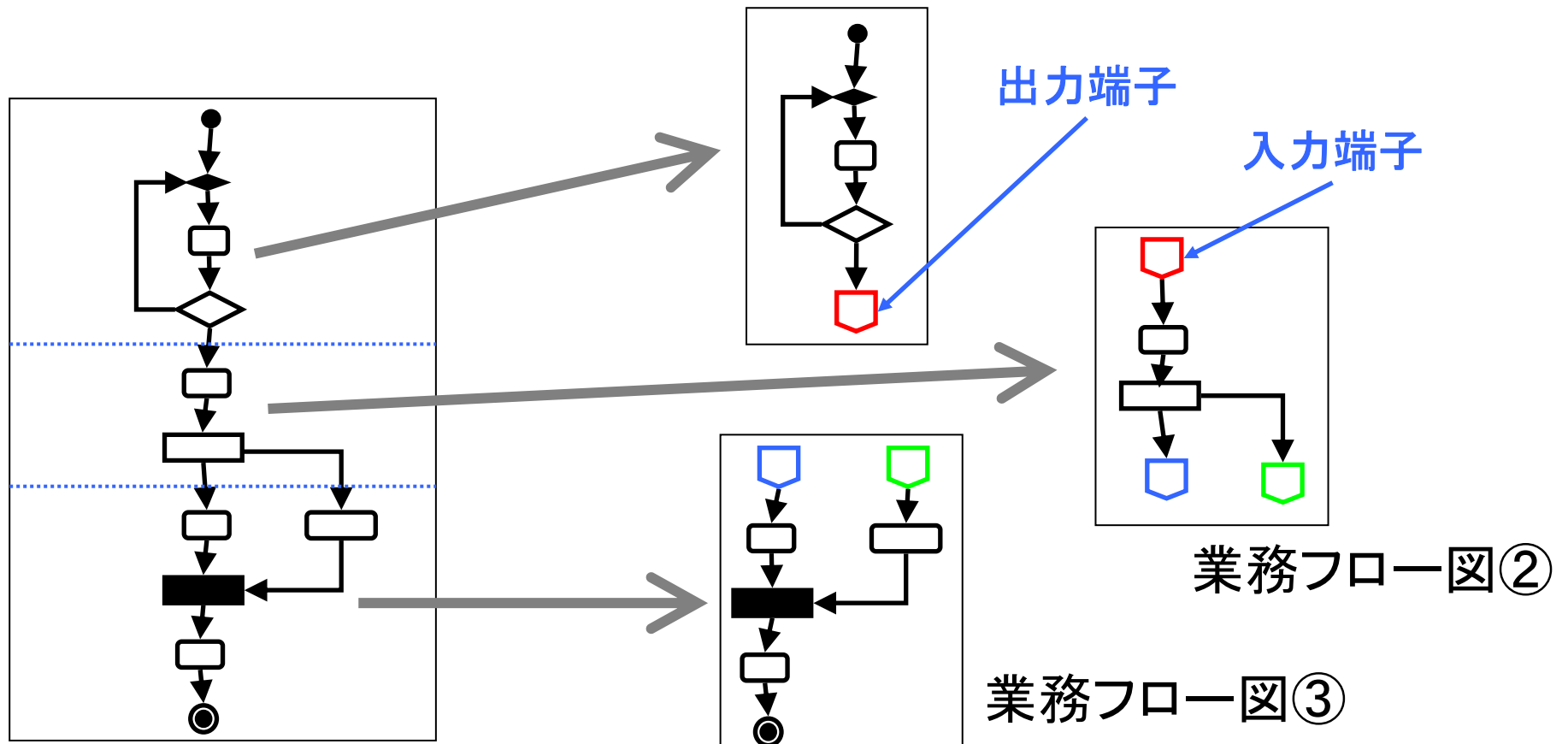


エビデンスに関する
バグの例その1



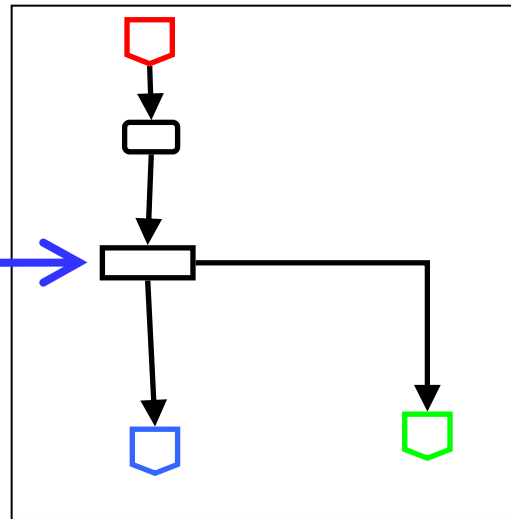
エビデンスに関する
バグの例その2

業務フロー図①



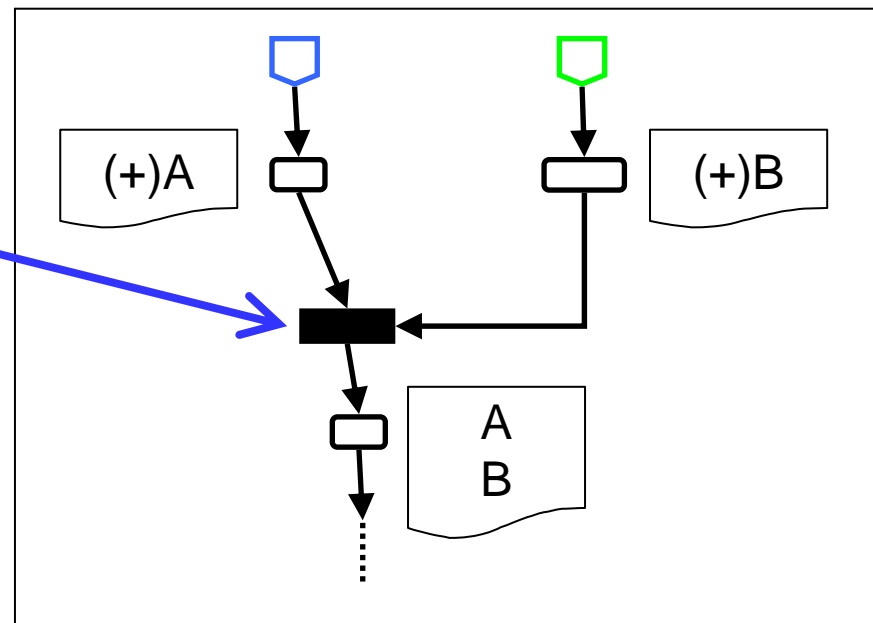
エビデンスに関する
バグの例その2

フォーク(作業の
並行分岐, 分担)



業務フロー図②

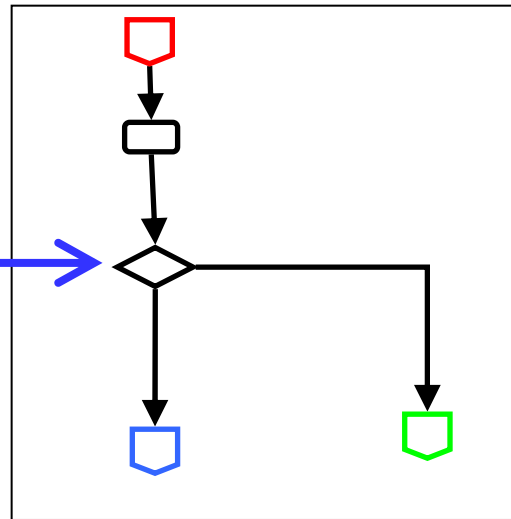
ジョイン(作業の
待ち合わせ, 合流)



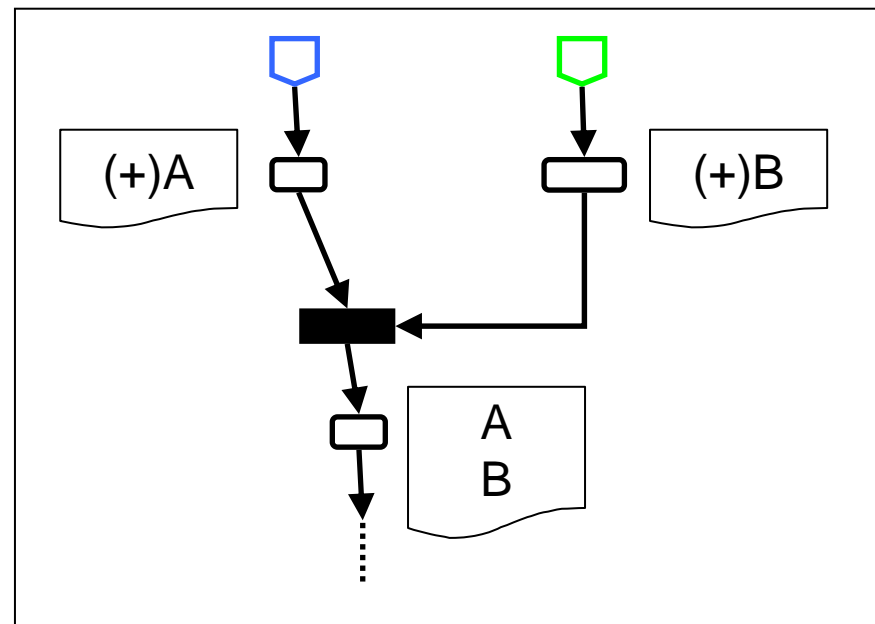
業務フロー図③

エビデンスに関する
バグの例その2

ここをデシジョン
(判断分岐)に
変更すると...



業務フロー図②



業務フロー図③

なぜエビデンス検証か？(3)

観察

- 600以上の“リアルな”ワークフロー図を調査
 - 数多くのバグを発見
 - その内のいくつかは手作業では発見しにくい
 - バグの原因は以下の3種類に分類できる
 - ① エビデンスの記述そのものに関する単純なミス
 - ② ワークフロー図の構造が複雑化したため
 - ③ ワークフロー図の構造そのものの不整合
- ②や③を原因とするバグを見直すことによって、ワークフロー図そのものの不具合を訂正することが出来た。

- これ以降においてお話しする内容
 - ー 背景
 - なぜエビデンス・ライフサイクルの整合性を検証するのか？
 - ELAD
 - ー **エビデンス検査器の構成**
 - ー 適用実験

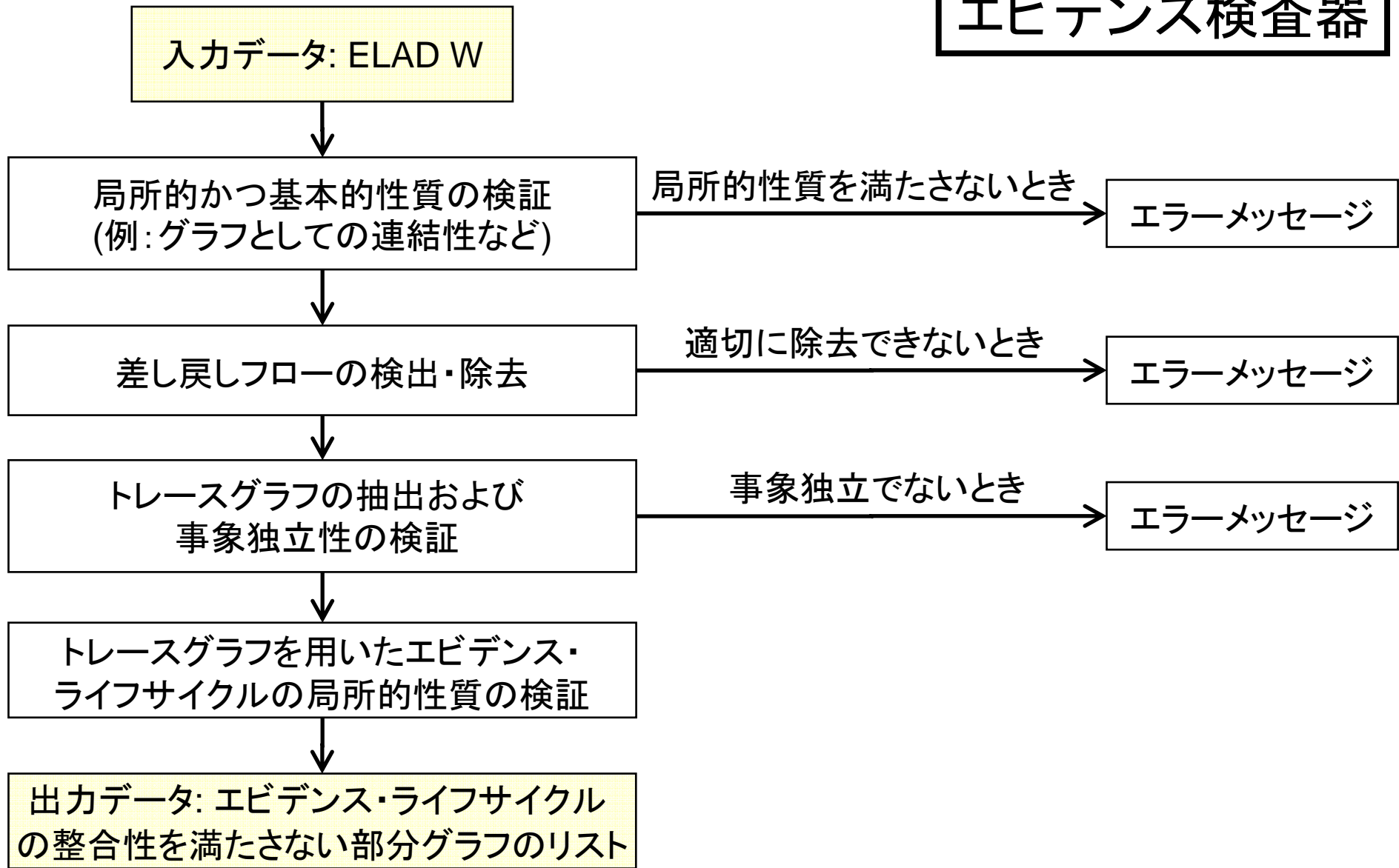
エビデンス検査器

入力データ: ELAD W

Wに含まれるすべてのエビデンスのライフサイクルの整合性を検証

出力データ: エビデンス・ライフサイクルの整合性を満たさない部分グラフのリスト

エビデンス検査器



エビデンス検査器

入力データ: ELAD W

局所的かつ基本的性質の検証
(例: グラフとしての連結性など)

局所的性質を満たさないとき

エラーメッセージ

Wの構造上の整合性を検証しながら、次の検証作業のためにWの適切な部分構造の集まりを生成する部分

差し戻しフローの検出・除去

トレースグラフの抽出および
事象独立性の検証

事象独立でないとき

エラーメッセージ

トレースグラフを用いたエビデンス・
ライフサイクルの局所的性質の検証

検証したい性質に対応する局所的性質を検証する部分

出力データ: エビデンス・ライフサイクル
の整合性を満たさない部分グラフのリスト

エビデンス検査器

入力データ: ELAD W



**トレースグラフの抽出および
事象独立性の検証**

事象独立でないとき

エラーメッセージ

トレースグラフを用いたエビデンス・
ライフサイクルの局所的性質の検証

出力データ: エビデンス・ライフサイクル
の整合性を満たさない部分グラフのリスト

注意:これ以降,簡単のため,ELADはすべて差し戻しフローを持たない(≡非循環)とする.

定義

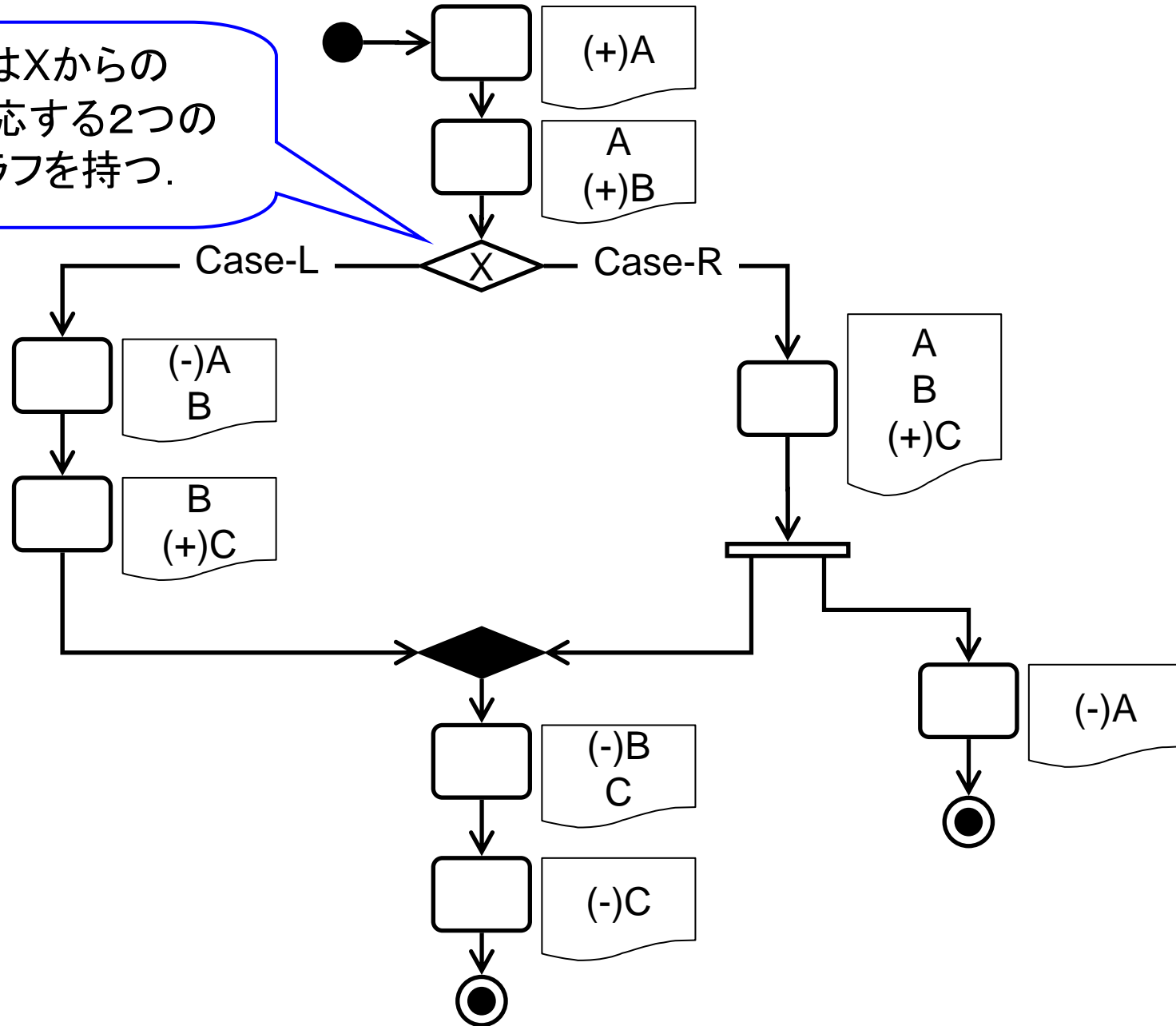
任意のELAD W について,以下の性質を満たす W の(空でない)部分グラフ V を W の**トレースグラフ**と呼ぶ.

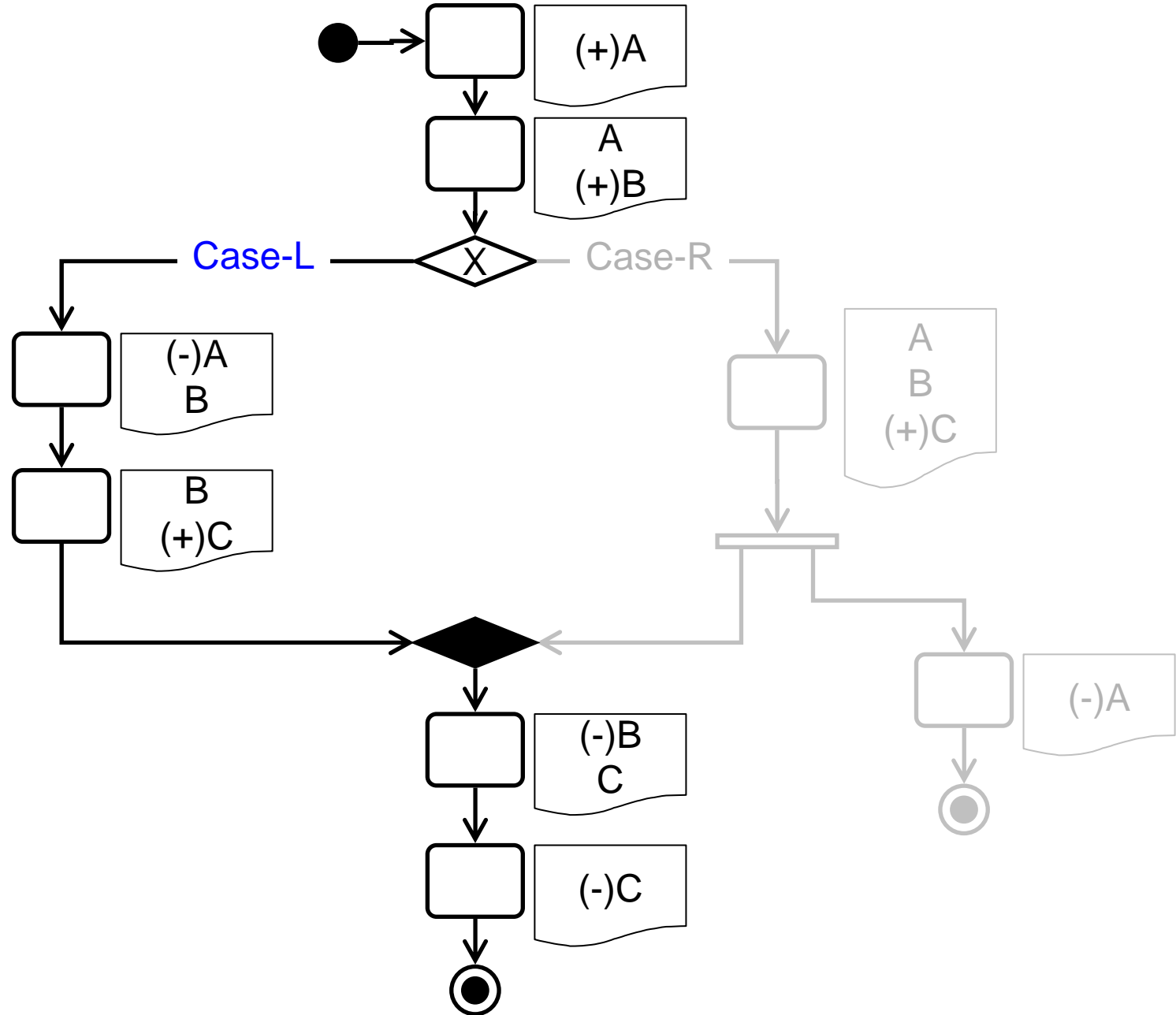
1. V が**デシジョン**ノード D を含むならば, V は D からのフローを**唯1つ**含み, D へのフローをすべて含む.
2. V が**マージ**ノード M を含むならば, V は M からのフローをすべて含み, M へのフローを**唯1つ**含む.
3. V が上記以外のノード N を含むならば, V は N からのフローと N へのフローをすべて含む.

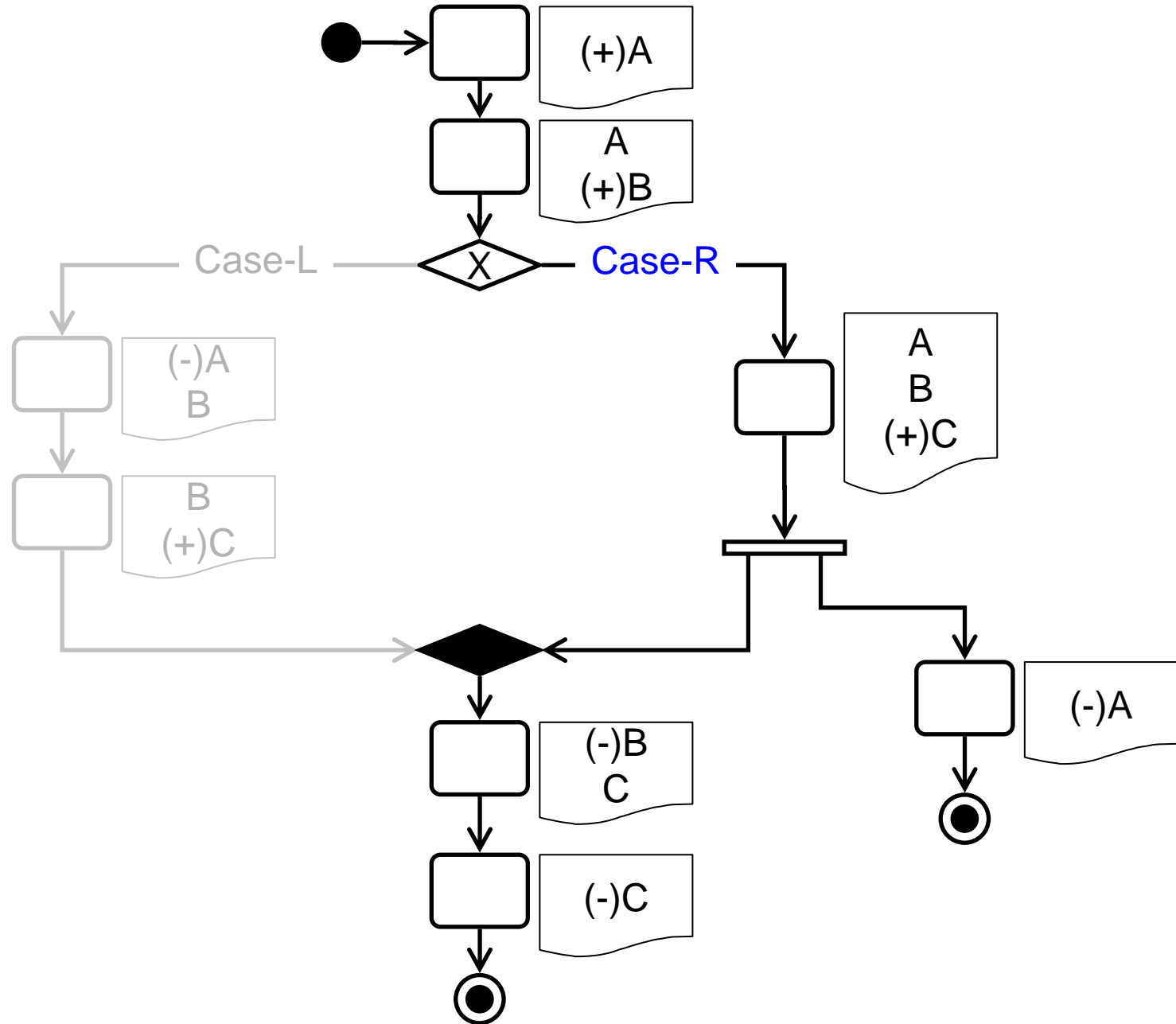
定義

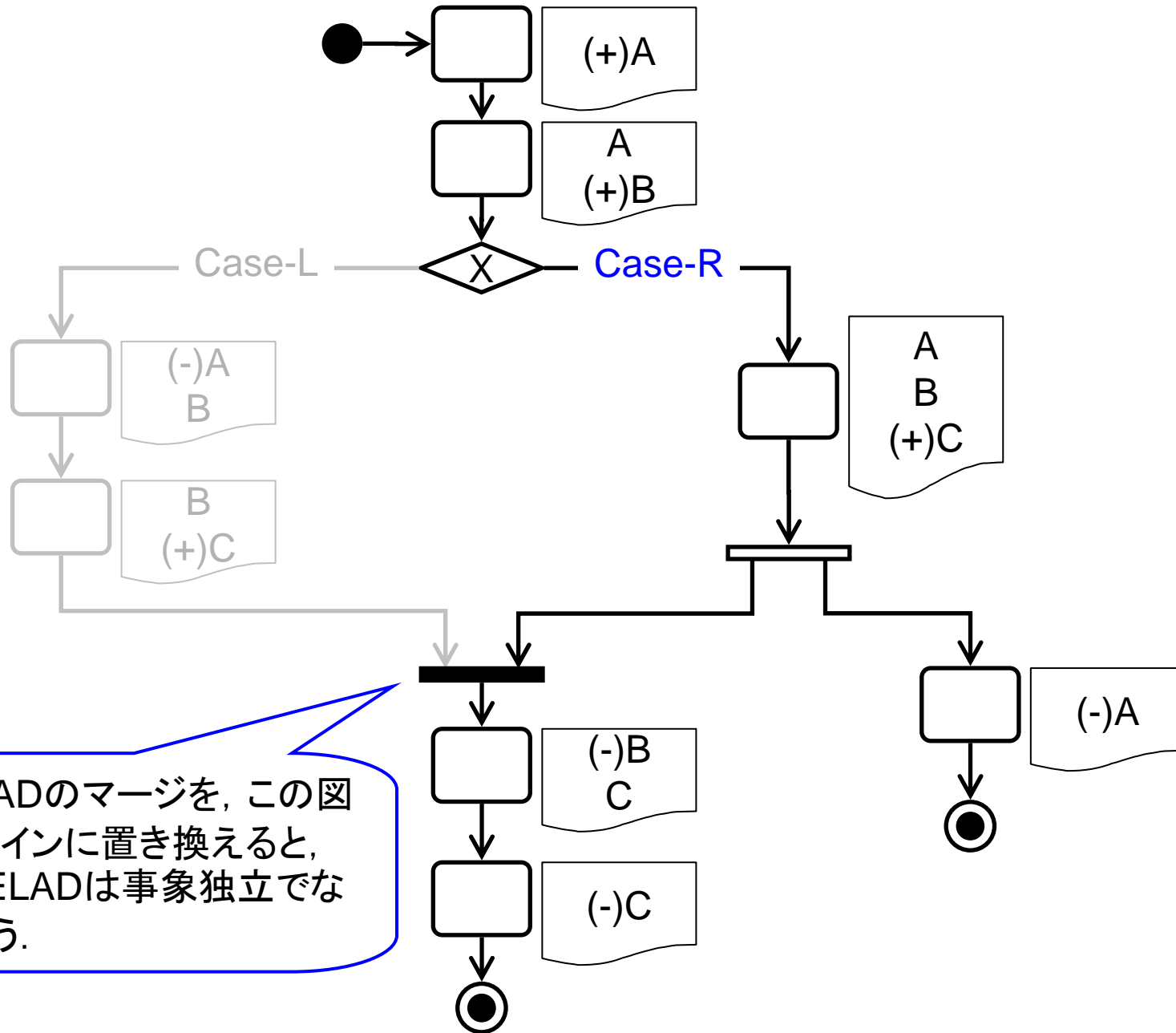
ELAD W が**事象独立**とは, W の任意のフロー f に対して, W の**トレースグラフ** V が存在して V が f を含むことを言う.

このELADはXからの
フローに対応する2つの
トレースグラフを持つ。



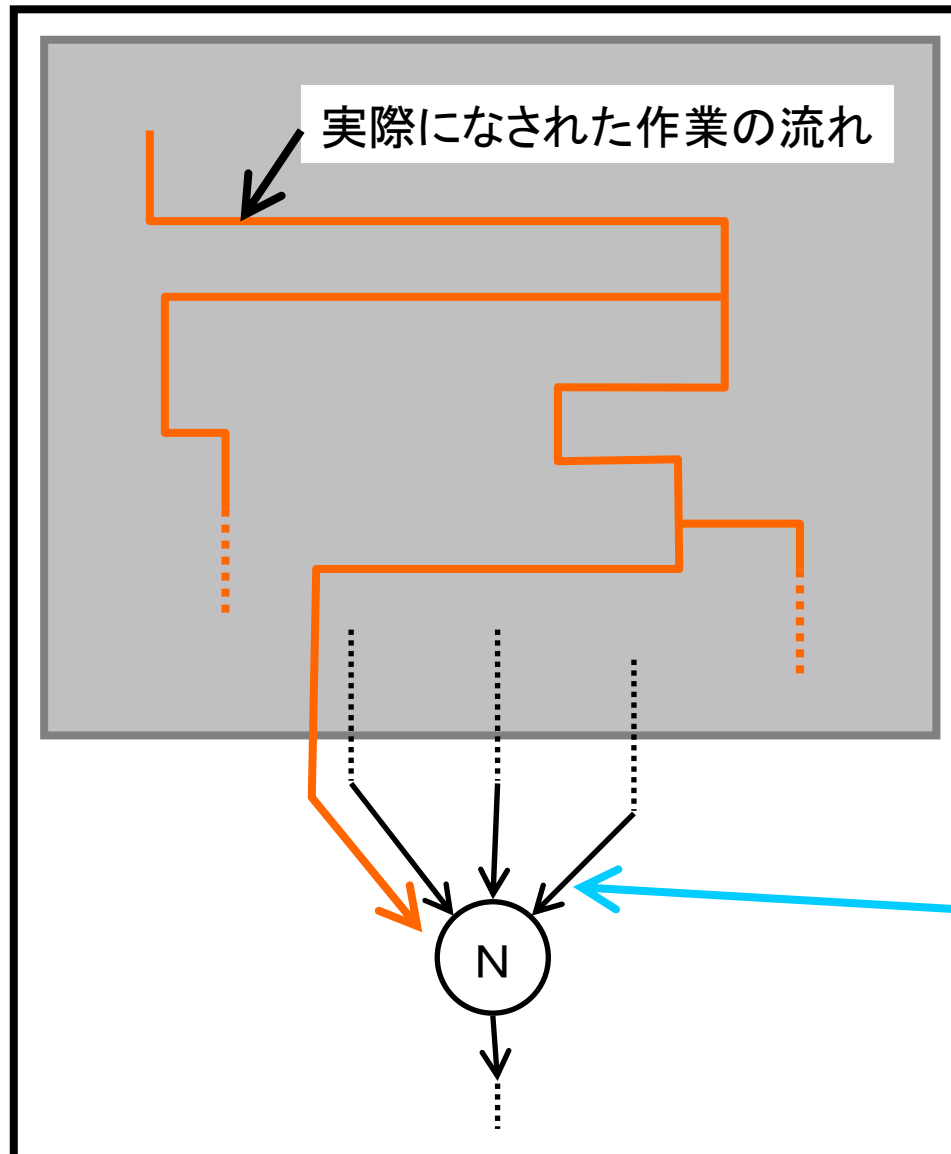






もし先のELADのマージを、この図のようにジョインに置き換えると、もはやこのELADは事象独立でなくなってしまう。

ELAD W

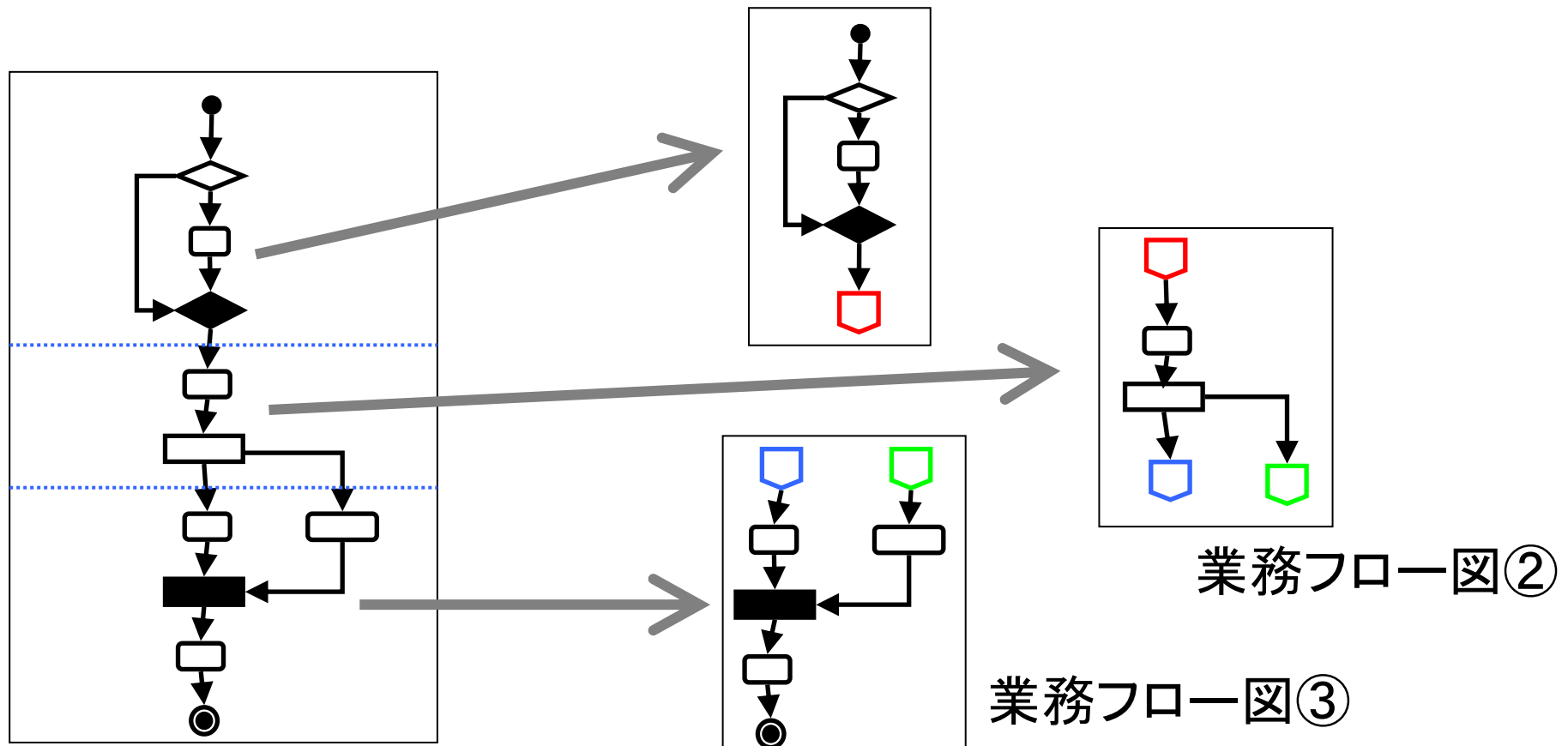


- ELAD W が事象独立のとき, 各ノードNに対して, Nに入ってくる作業の流れの数が, Nに至るまでの作業の状態に依存しない.

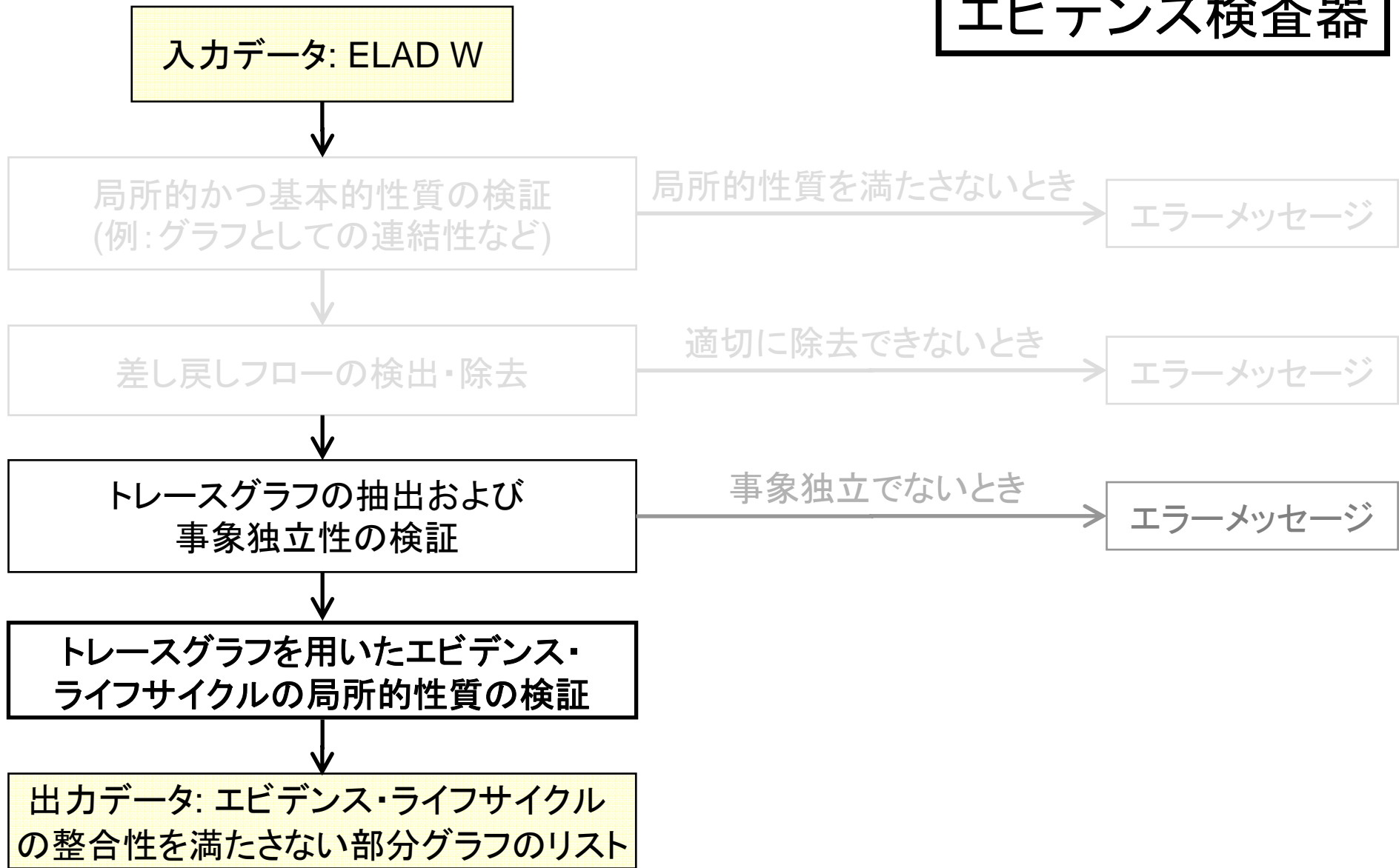
Nに入ってくる作業の流れの数は一定(1本だけ, または3本すべて)であり, その数はNがジョインかどうかのみによって決まる.

業務フロー図はトリガー部分から作成されとは限らない。

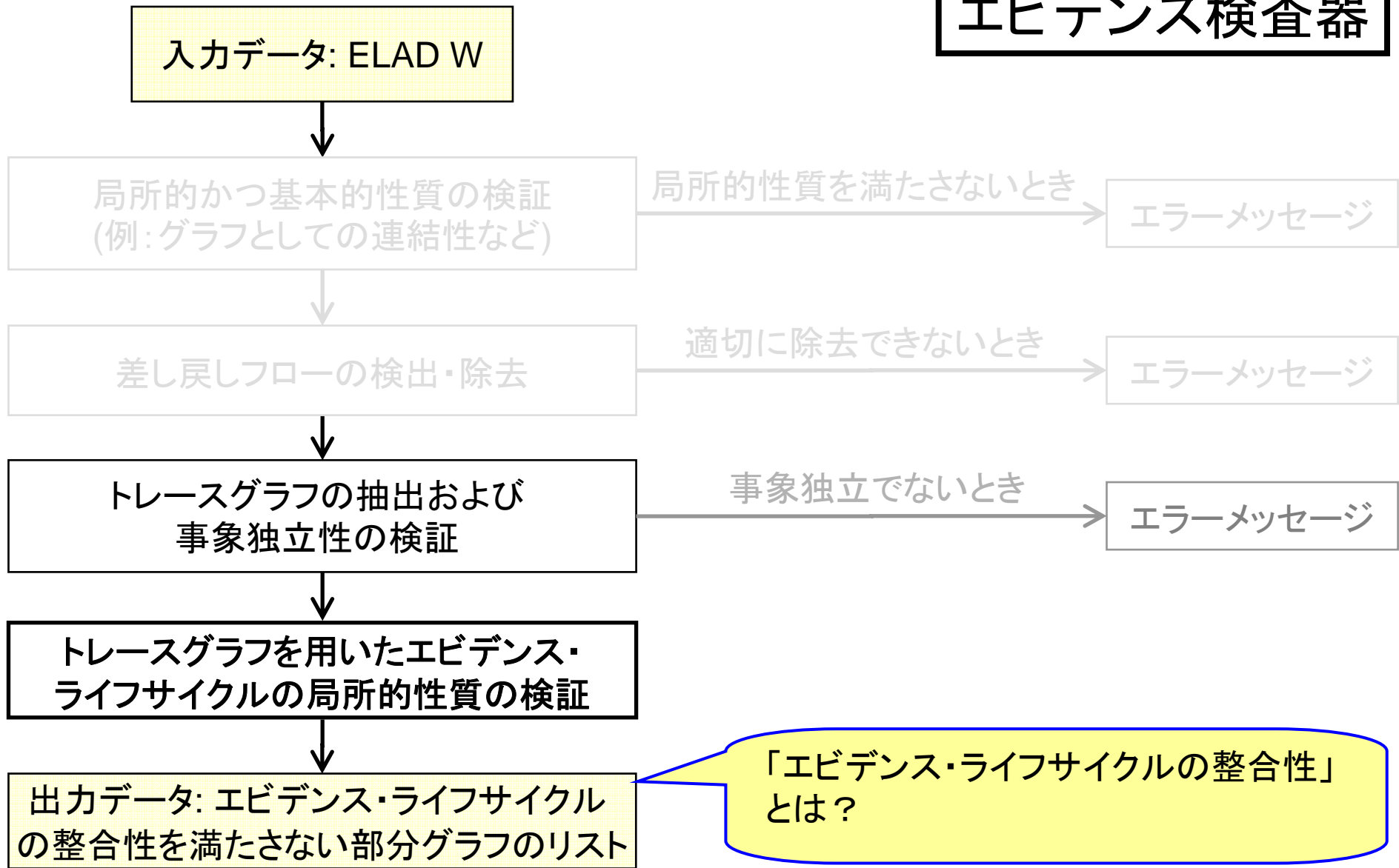
業務フロー図①



エビデンス検査器



エビデンス検査器



定義 ELAD W がエビデンス・ライフサイクルについて整合的であるとは,

1. W の任意のトレースグラフ V
2. V 上の任意のアクションノード A
3. A 上の任意のエビデンス e について,

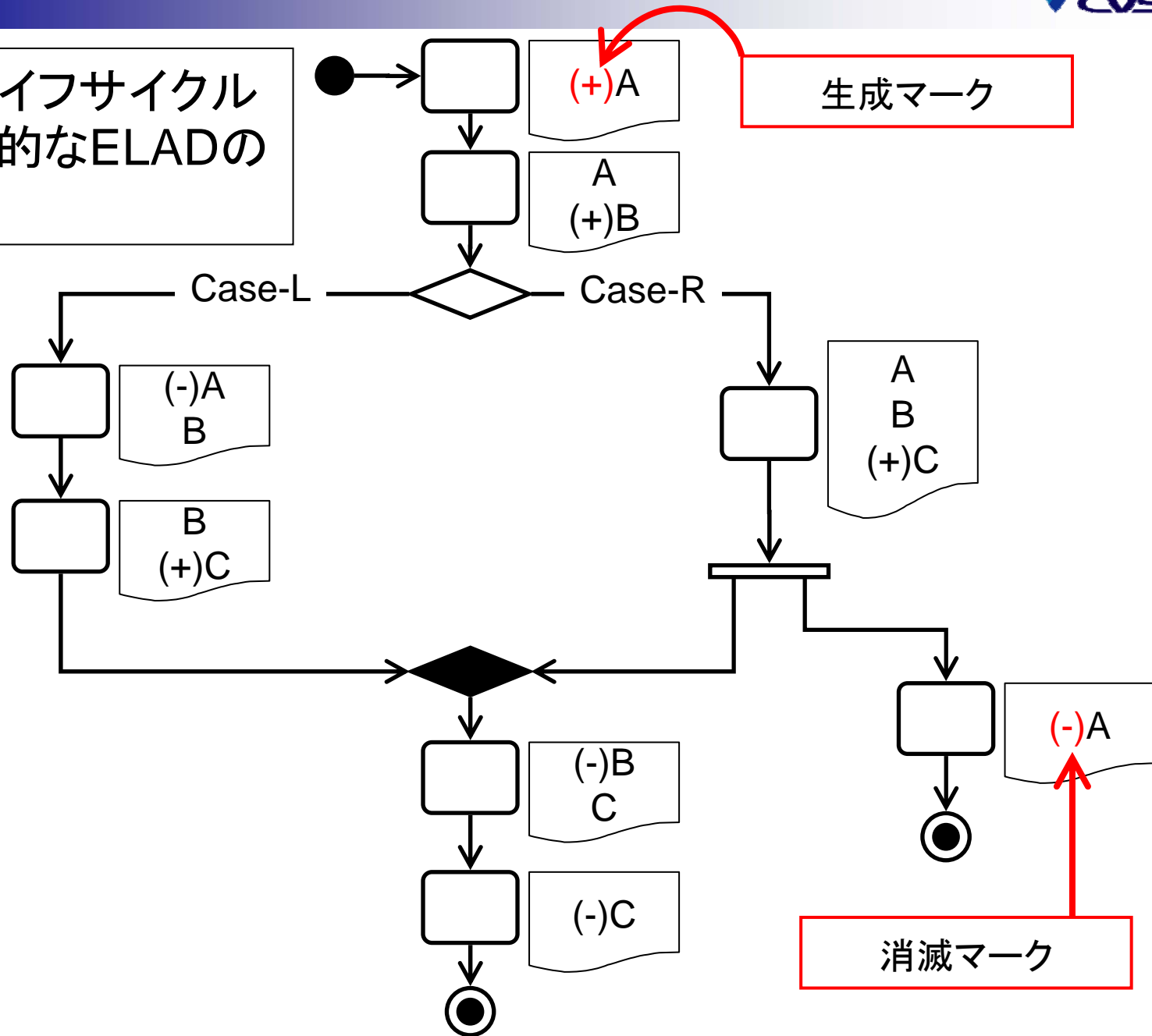
V 上のフローの連なり

$$L := (A_1 \xrightarrow{f_1} A_2 \xrightarrow{f_2} \dots \xrightarrow{f_{n-1}} A_n)$$

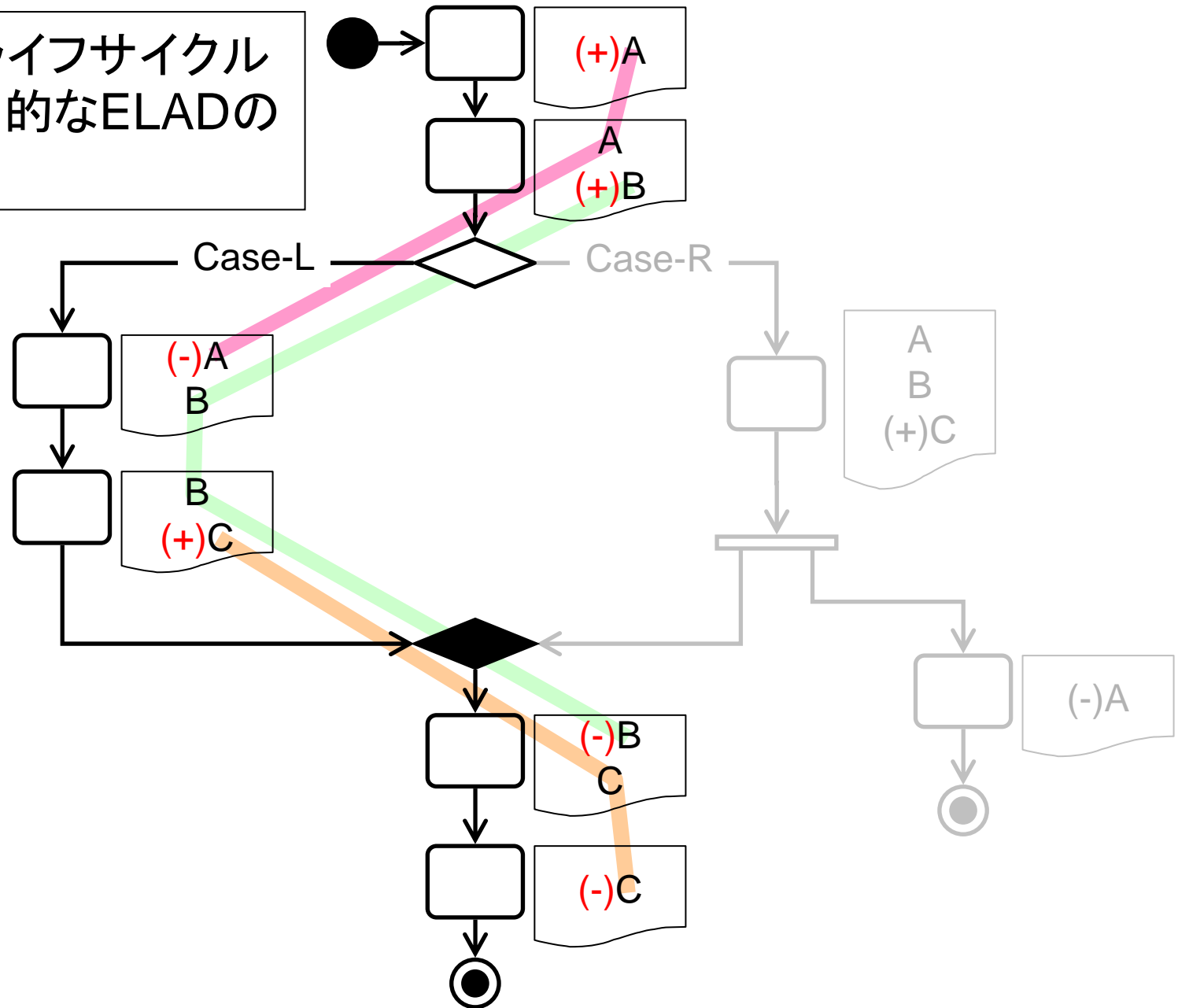
が唯1つ存在して次を満たすことを言う.

- (i) L 上のすべてのアクションノードは e を含む.
- (ii) A_1 のみ生成マーク付のエビデンス「 $(+)e$ 」を持つ.
- (iii) A_n のみ消滅マーク付のエビデンス「 $(-)e$ 」を持つ.
- (iii) L は A を含む.

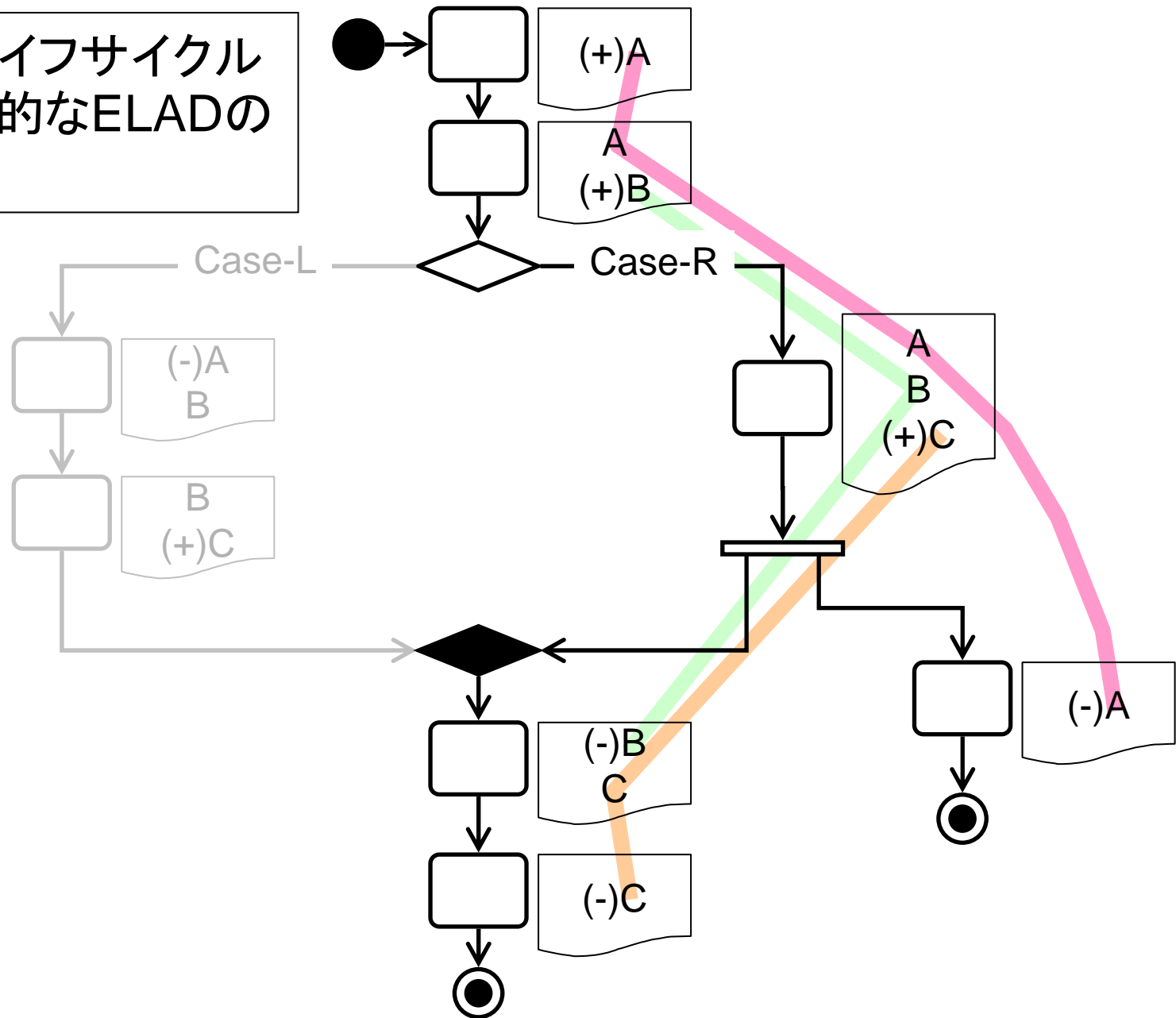
エビデンス・ライフサイクル
について統合的なELADの
例



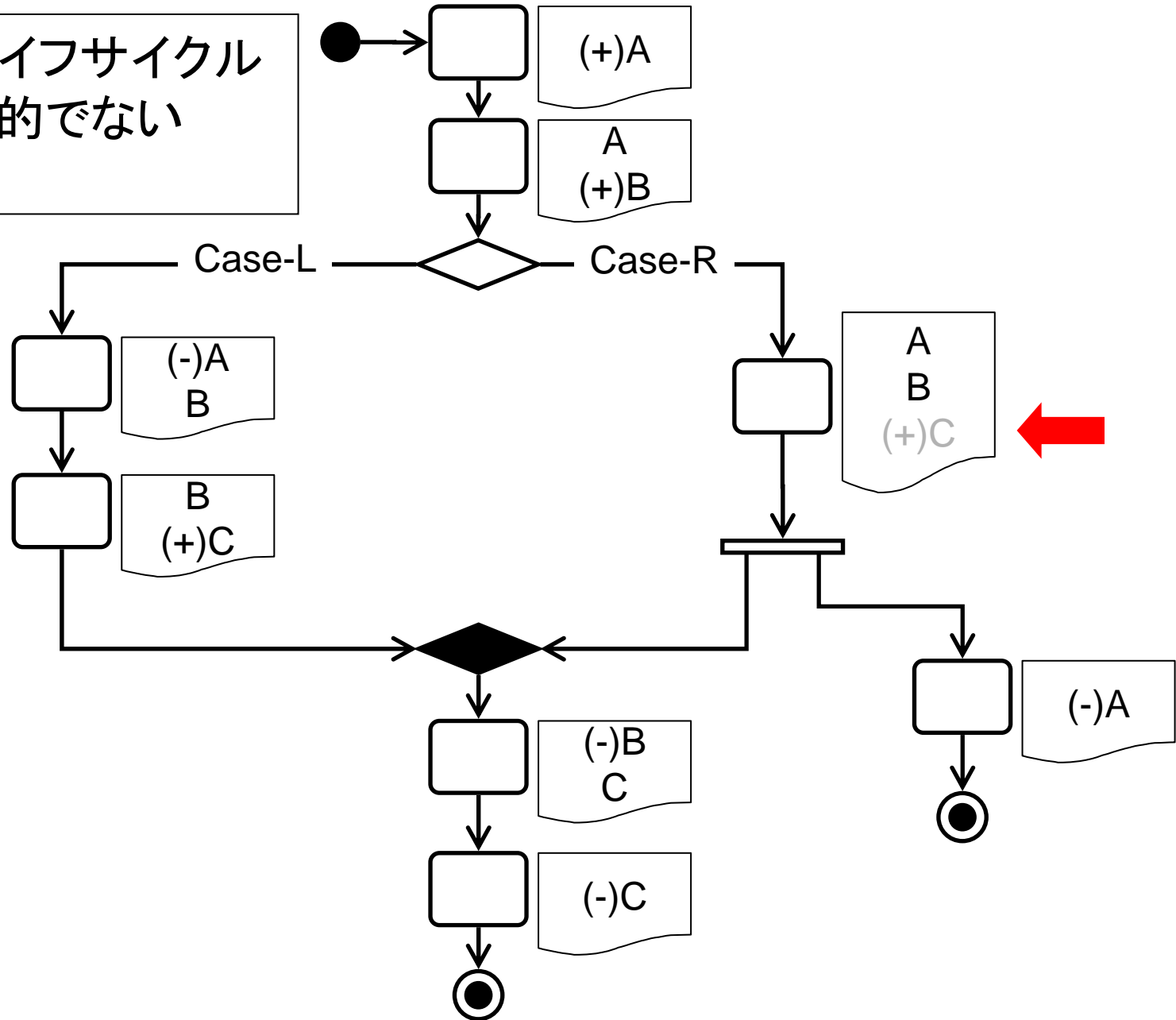
エビデンス・ライフサイクル
について統合的なELADの
例



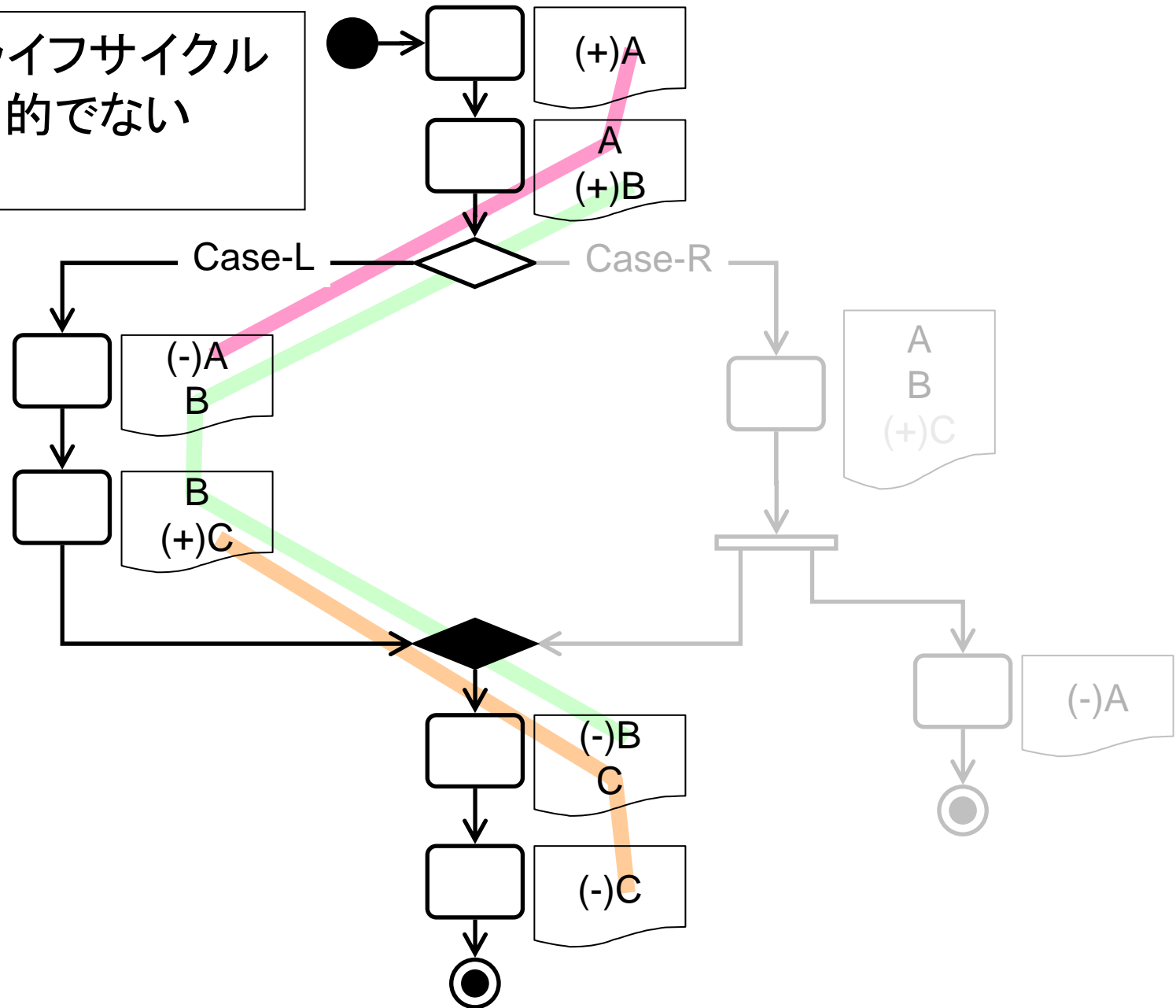
エビデンス・ライフサイクル
について統合的なELADの
例



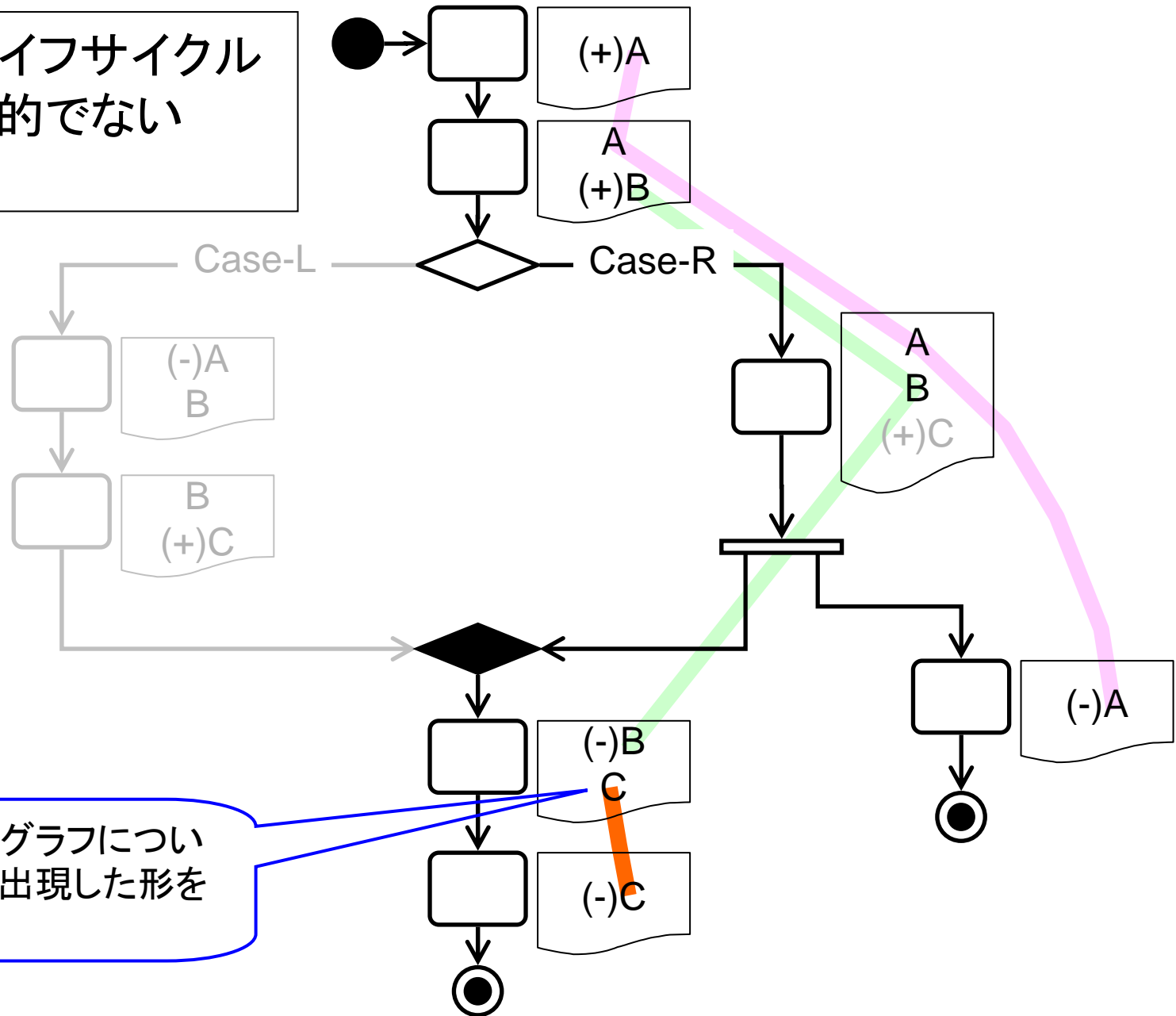
エビデンス・ライフサイクル
について整合的でない
ELADの例



エビデンス・ライフサイクル
について整合的でない
ELADの例



エビデンス・ライフサイクル
について整合的でない
ELADの例



- エビデンス検査器は、与えられたELAD W に対して、 W 上のエビデンス・ライフサイクルの整合性を阻害するものだけをすべて検出する。
- 特に、 W がエビデンス・ライフサイクルについて整合的であるとき、かつそのときに限り、エビデンス検査器は空リストを出力する。

エビデンス検査器

入力データ: ELAD W

局所的かつ基本的性質の検証
(例: グラフとしての連結性など)

局所的性質を満たさないとき

エラーメッセージ

差し戻しフローの検出・除去

適切に除去できないとき

エラーメッセージ

トレースグラフの抽出および
事象独立性の検証

事象独立でないとき

エラーメッセージ

トレースグラフを用いたエビデンス・
ライフサイクルの局所的性質の検証

検証したい性質に対応する局所的性質を検証する部分
この部分を **EV-last** と呼ぶ。

出力データ: エビデンス・ライフサイクル
の整合性を満たさない部分グラフのリスト

定理

任意の事象独立なELAD W について, 以下の3つの性質はそれぞれ同値である.

1. W はエビデンス・ライフサイクルについて整合的.
2. W はエビデンス・ライフサイクルに関する局所的な検証項目をすべて満たす.
3. EV-Lastによる W に対する出力値が空である.

EV-lastの振る舞い

- 与えられた事象独立なELAD W に対して,
 1. W 上のすべてのラインデータを抽出
 2. ラインデータに基づくエビデンス・ライフサイクルに関する局所的な検証項目をチェック
 3. 局所的性質を満たさないラインデータを組み合わせて、エビデンス・ライフサイクルの整合性を阻害する箇所を出力データとして構築.

定義

与えられたELAD W に対して, 以下の性質(i)~(iii)を満たす W 上のフローの連なり

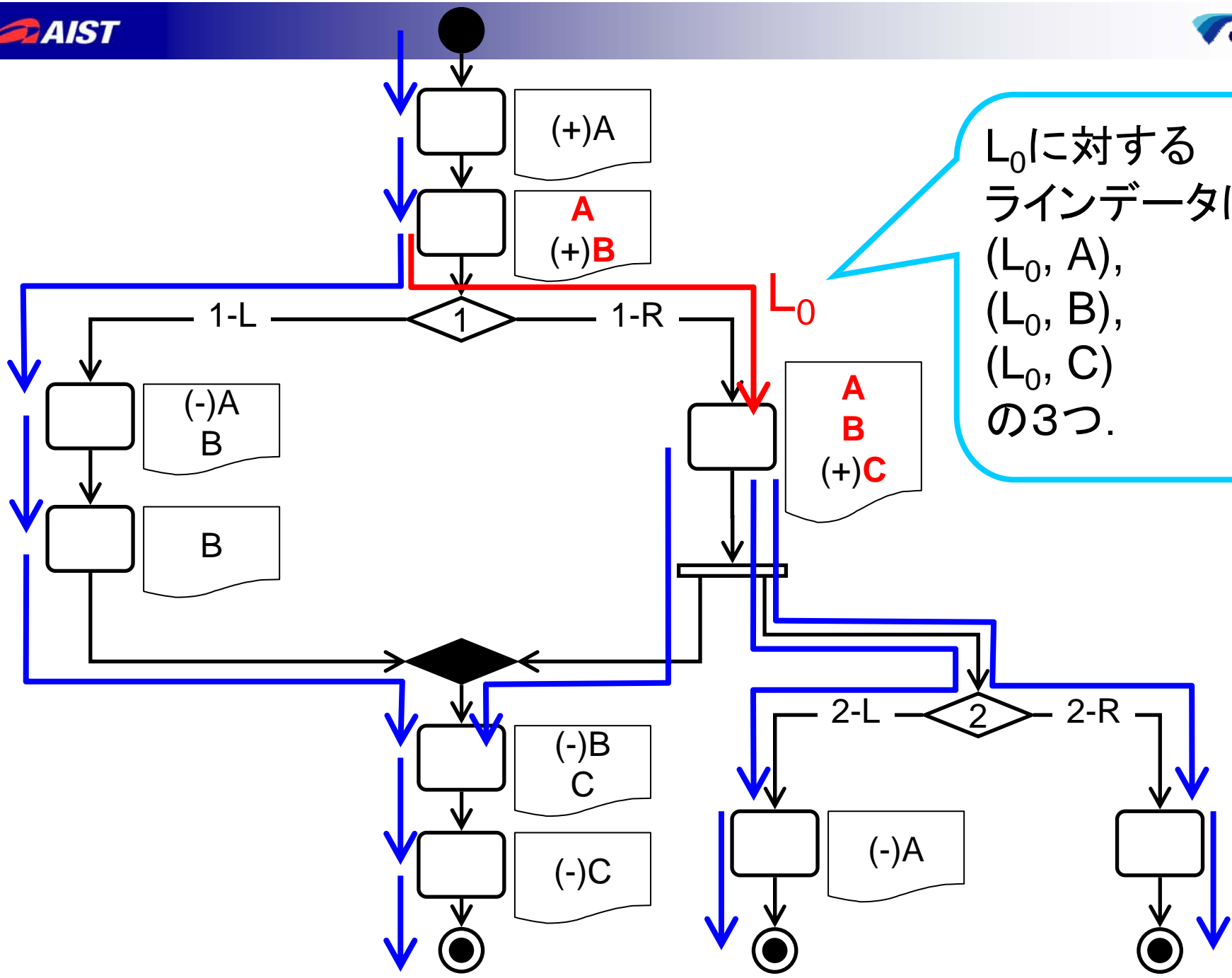
$$L := (A_1 \xrightarrow{-f_1} A_2 \xrightarrow{-f_2} \dots \xrightarrow{-f_{(n-1)}} A_n)$$

を W 上のラインと呼ぶ.

1. A_1 はアクションノードまたはトリガーである.
2. A_n はアクションノードまたはエンドノードである.
3. A_1 と A_n 以外のノードはアクションノードではない.

定義

W 上のライン L および L に含まれるエビデンス e の組 (L, e) を W 上のラインデータと呼ぶ.

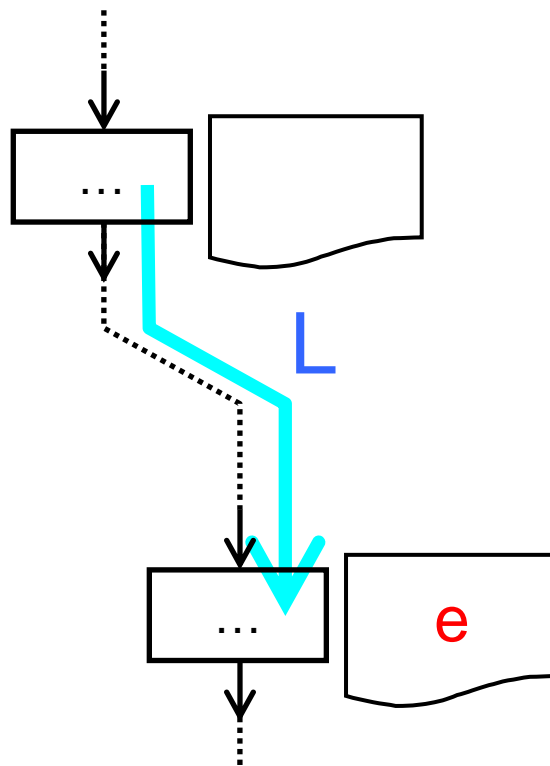


エビデンス・ライフサイクルに関する局所的検証項目

1. エビデンスの不適切に出現しないかどうか
2. エビデンスの不適切に消滅しないかどうか
3. エビデンスが増加しないかどうか
4. エビデンスが減少しないかどうか

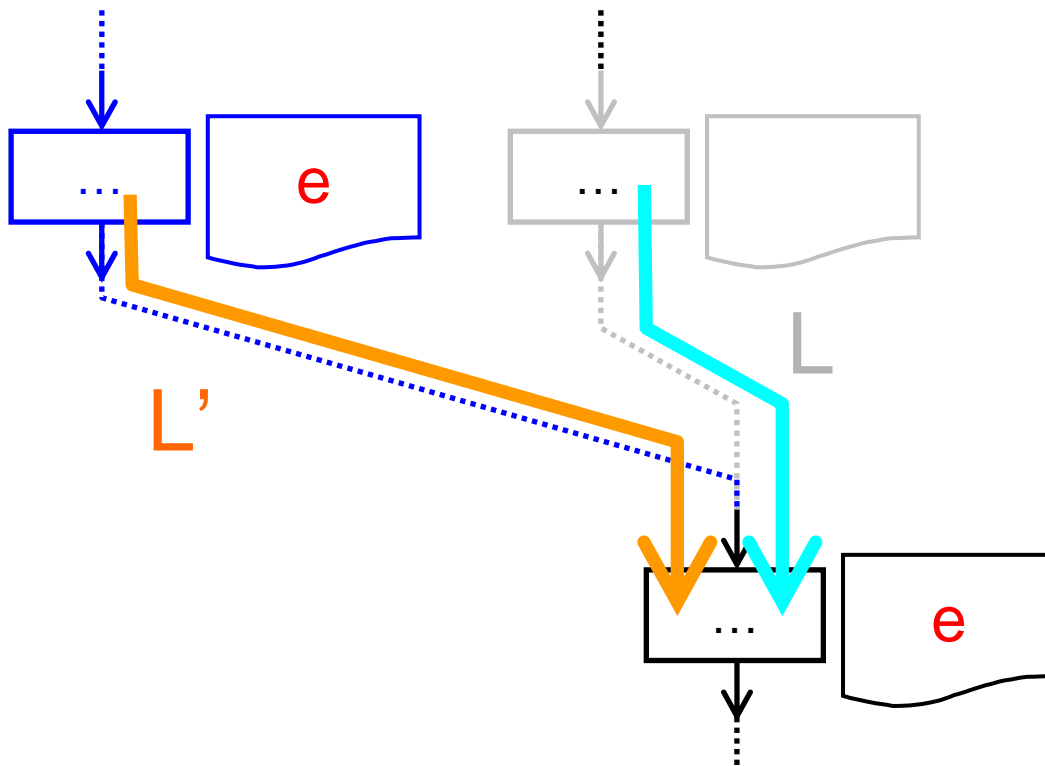
エビデンスの不適切な出現の有無

- 任意のラインLに対して, eがLに沿って`突然`出現したとき,



エビデンスの不適切な出現の有無

- 任意のラインLに対して, eがLに沿って`突然`出現したとき, Lを含むすべてのトレースグラフVに対して, V上のラインL'が存在して, L'とLは同じ到着点を持ち, しかも, L'の出発点において`消滅しない`eが存在する.



- これ以降においてお話しする内容
 - ー 背景
 - なぜエビデンス・ライフサイクルの整合性を検証するのか？
 - ELAD
 - ー エビデンス検査器の構成
 - ー 適用実験

エビデンス検査器の適用実験

- 60個の“リアルな”業務フロー図
- 完成品（手作業によるチェックは既に済ませてある）
- エビデンス検査器のユーザがすべきことは、基本的には、“ボタンをワンクリックする”のみ。
- 各業務フロー図（10～60ノード程度）に対する実行時間はすべて0.5秒未満。
 - 実験機：Intel Pentium M 1200MHz + 1.49GB RAM
- 今回の実験で用いられた業務フロー図では、エビデンスの消滅マークが設定されていなかったため、消滅マークに関する検証を除外して行った。

実験結果

エビデンス検査器が指摘した不具合箇所を、不具合の原因によって分類した。

	不具合の原因	不具合の数
1	業務フロー図の構造が不整合なため	8
2	業務フロー図の構造が複雑化したため	6
3	エビデンスの書き忘れ	11
4	(+)マークの付け忘れ	3
5	(+)マークの消し忘れ	10
6	エビデンスの名前の書き間違い	2
7	不適切な指摘	10

まとめ

- エビデンス検査器の開発
 - トレースグラフを抽出しながら事象独立性を検証する機能
 - エビデンス・ライフサイクルに関する局所的な検証項目をチェックする機能
- 60個の実際の業務フロー図をエビデンス検査器で検証した結果、適切と見なせる40の指摘と不適切と考えられる10の指摘がなされた
- その内で業務フロー図の構造そのものに欠陥があったために不具合が起きた箇所が8個指摘され、それを調べることによって、3箇所の構造上の欠陥を修正することが出来た。

展望

- 複数の開発環境にある業務フロー図を一括して検証・管理する機能の開発
- エビデンス以外のライフサイクルを検証する機能の開発
 - データベース上のデータのライフサイクル
 - アクションノードによって記述される一連の作業のライフサイクル

参考文献・特許出願記事

1. Verification Algorithm of Evidence Life Cycles in Extended UML Activity Diagrams, O.Takaki, T.Seino, I.Takeuti, N.Izumi, K.Takahashi, ICSEA2007 Proceedings, IEEE Press.
2. UML アクティビティ図に対する事象部分グラフ抽出および事象独立性検証アルゴリズム. 高木理, 清野貴博, 竹内泉, 和泉憲明, 高橋孝一 (著), ソフトウェアエンジニアリング最前線 2007, 近代科学社. pp. 153-164. 2007.
3. 特願2007-170616 (名称: 検証システム)
4. 特願2007-218850 (名称: 検証システム)