

双方向変換における16個のレンズ則の含意関係

長田和樹¹、中野圭介²

(1)東北大学工学部 (2)東北大学電気通信研究所

1. 背景 [1,2]

レンズ : 以下のgetとputの組

- get : $S \rightarrow V$: 与えられたソース $s \in S$ から ビュー $v \in V$ を生成
- put : $S \times V \rightarrow S$: ビュー $v \in V$ を用いて ソース $s \in S$

レンズ則 : getとputが満たす規則

2. Core Lens Laws [1]

レンズの一貫性を構成する以下の4つのレンズ則

(StrongGetPut) : $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \text{get}(s') \downarrow v \Rightarrow \text{put}(s, v) \downarrow s'$

(GetPut) : $\forall s \in S, \forall v \in V, \text{get}(s) \downarrow v \Rightarrow \text{put}(s, v) \downarrow s$

(PutGet) : $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \Rightarrow \text{get}(s') \downarrow v$

(PutPut) : $\forall s, s', s'' \in S, \forall v, v' \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{put}(s', v') \downarrow s'' \Rightarrow \text{put}(s, v') \downarrow s''$

3. レンズ則の一貫性 [1,3]

- well-behaved : (GetPut)と(PutGet)を満たす
ソースとビューの間でデータの変換が矛盾なく行える
- very-well-behaved : (GetPut)と(PutGet)と(PutPut)を満たす
well-behavedに加えて、過去の更新に影響されない
- bijective : (StrongGetPut)と(PutGet)を満たす
ソースとビューの間に一対一の関係があり、ソースが一意的

4. レンズ則の含意関係

例 : (StrongGetPut) \wedge (PutGet) \Rightarrow (PutPut)

proof.

$$\begin{aligned} & \text{put}(\text{put}(s, v), v') \\ &= \text{put}(\text{put}(s, v), \text{get}(\text{put}(s, v'))) \text{ by (PutGet)} \\ &= \text{put}(s, v') \quad \text{by (StrongGetPut)} \end{aligned}$$

5. Weaker Lens Laws

(WeakPutGet) : $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{get}(s') \downarrow v' \Rightarrow \text{put}(s, v') \downarrow s'$

(PutGetPut) : $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{get}(s') \downarrow v' \Rightarrow \text{put}(s', v') \downarrow s'$

(GetPutGet) : $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \text{get}(s) \downarrow v \wedge \text{put}(s, v) \downarrow s' \Rightarrow \text{get}(s') \downarrow v$

(Undoability) : $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{get}(s) \downarrow v' \Rightarrow \text{put}(s', v') \downarrow s$

(GetInjectivity) : $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \text{get}(s) \downarrow v \wedge \text{get}(s') \downarrow v \Rightarrow s = s'$

(GetSurjectivity) : $\forall v \in V, \exists s \in S, \text{get}(s) \downarrow v$

(PutTwice) : $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \Rightarrow \text{put}(s', v) \downarrow s$

(SourceStability) : $\forall s \in S, \exists v \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s$

(WeakSourceStability) : $\forall s, s' \in S, \forall v' \in V, \exists v \in V, \text{put}(s', v') \downarrow s \Rightarrow \text{put}(s, v) \downarrow s$

(PutSurjectivity) : $\forall s \in S, \exists s' \in S, \exists v \in V, \text{put}(s', v) \downarrow s$

(ViewDetermination) :

$\forall s, s', s'' \in S, \forall v, v' \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s'' \wedge \text{put}(s', v') \downarrow s'' \Rightarrow v = v'$

(PutInjectivity) :

$\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{put}(s, v') \downarrow s' \Rightarrow v = v'$

6. 目的

すでに以下のようなレンズ則の含意関係が求められている

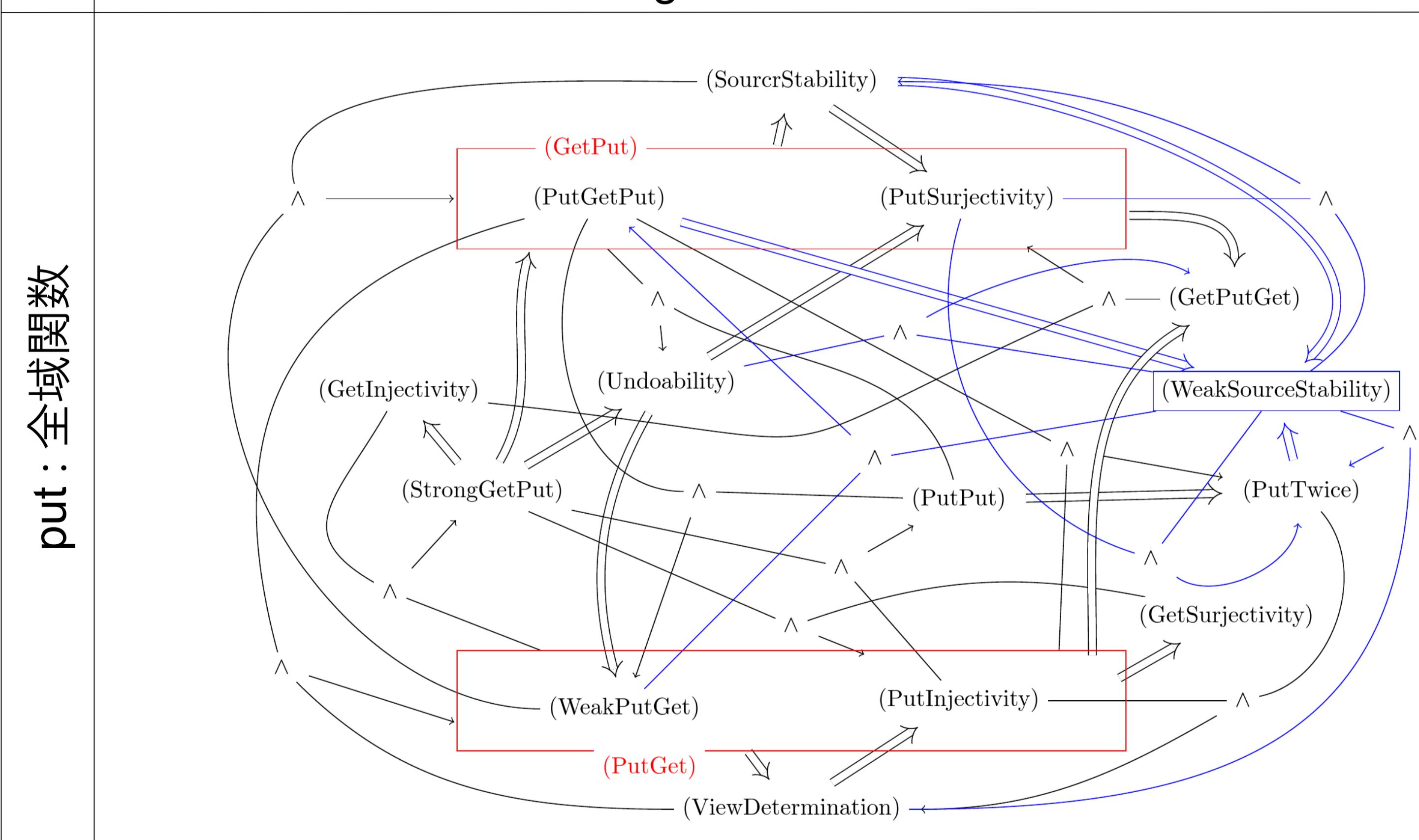
	get : 全域関数	get : 部分関数
put : 全域関数	(WeakSourceStability) を除く、 15個のレンズ則の完全な含意関係 [4]	(GetPutGet)、(GetInjectivity)、 (GetSurjectivity) (WeakSourceStability) を除く、 12個の完全ではない含意関係 [5]
put : 部分関数	既存研究なし	(GetPutGet)、(GetInjectivity)、 (GetSurjectivity) を除く、 13個の完全ではない含意関係 [5]

本研究では、getとputが全域関数、部分関数、全ての場合における16個全てのレンズ則の完全ではない含意関係を示す

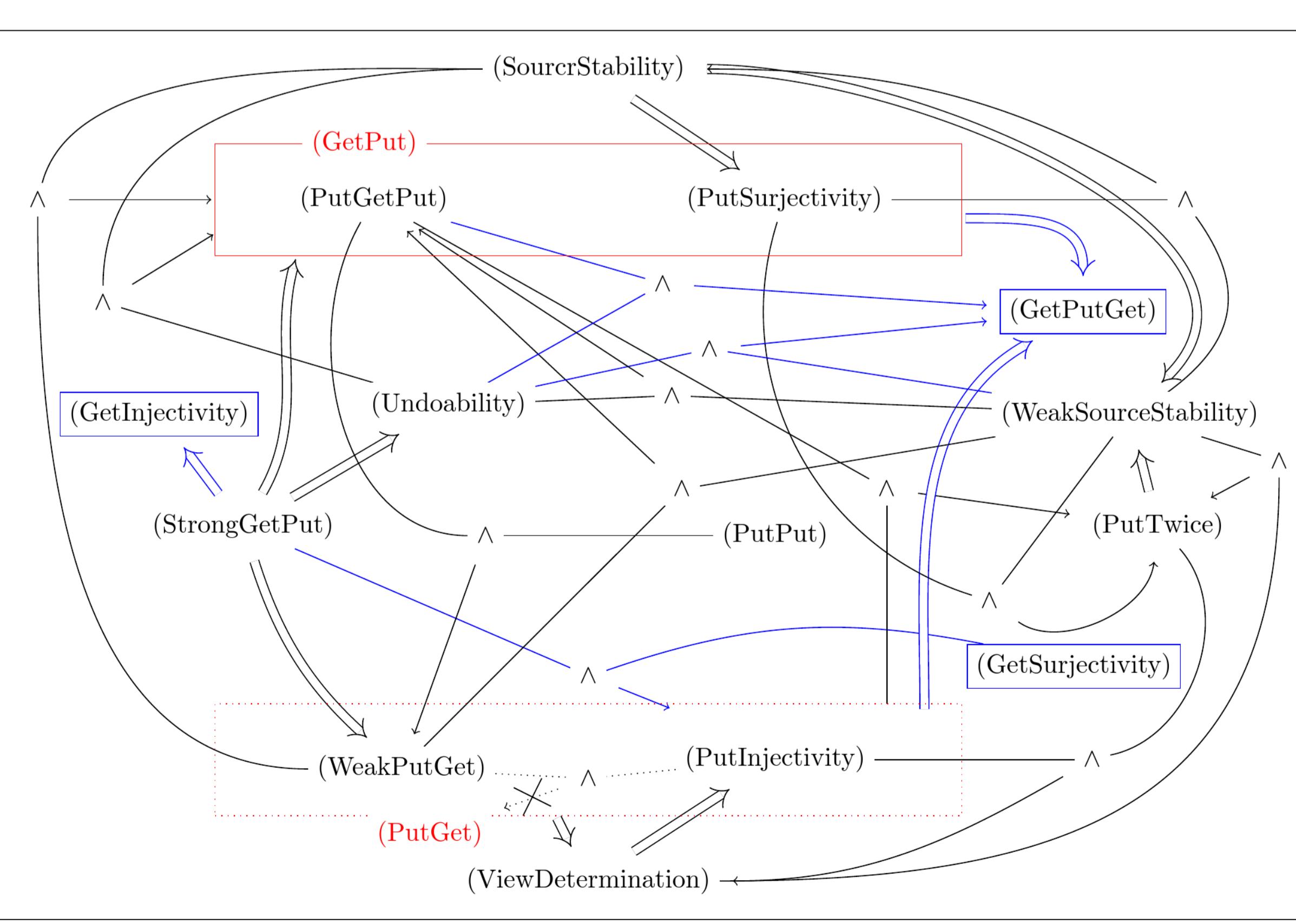
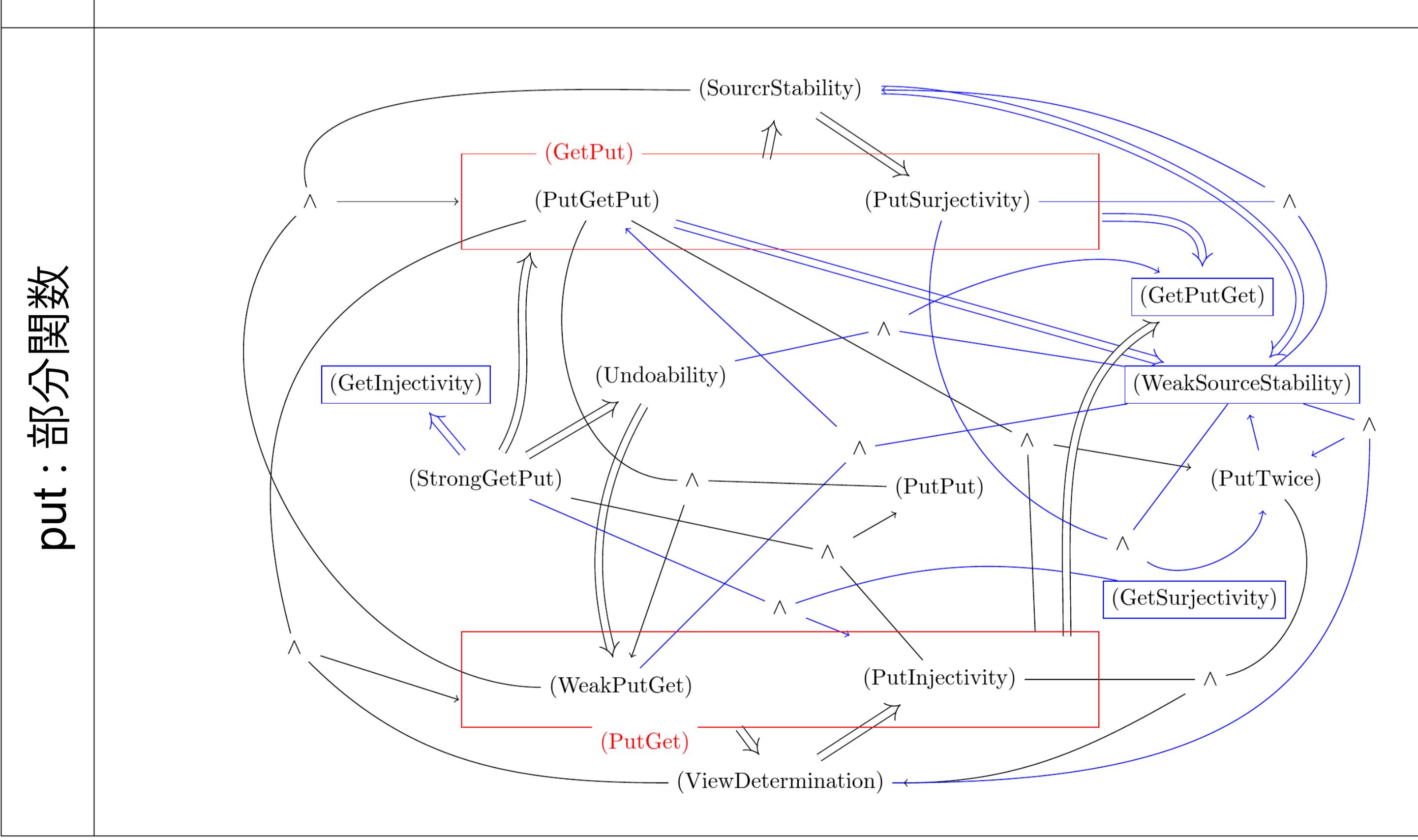
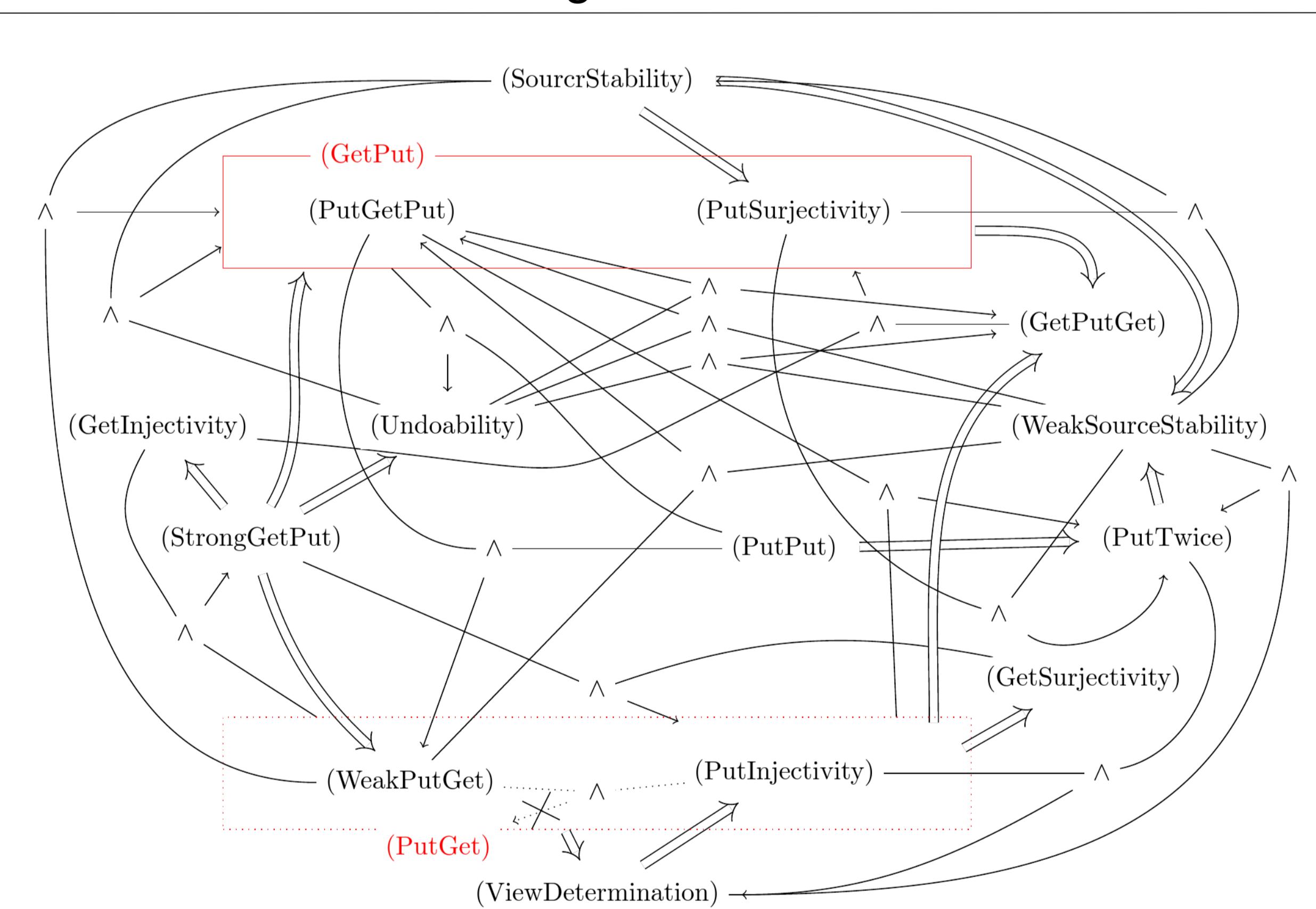
7. 16個のレンズ則の含意関係

以下の図において、青色の部分が新たに求められたレンズ則の含意関係である

get : 全域関数



get : 部分関数



[1] Foster, J. N., Greenwald, M. B., Moore, J. T., Pierce, B. C., & Schmitt, A. (2007). Combinators for bidirectional tree transformations: A linguistic approach to the view-update problem. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, Vol.29,Issue.3, Page.17.

[2] François Bancilhon and Nicolas Spryatos. Update semantics of relational views. ACM Trans. Database Syst., Vol. 6, No. 4, pp. 557–575, 1981.

[3] Sebastian Fischer, Zhenjiang Hu, and Hugo Pacheco. A clear picture often laws. In Ralf Hinze and Janis Voigtländer, pp. 215–223, Cham, 2015.

[4] Keisuke Nakano. Lens Laws Zoo, Bidirectional Collaborative Data Management,pp.37–59. Springer,2025.

[5] Hashiba Keishi.Relations among lens laws for bidirectional transformations consisting of partial functions. Vol. 39, , 2024.