

# 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<sup>1</sup>、中野圭介<sup>2</sup>    (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):  $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \quad \text{get}(s') \downarrow v \Rightarrow \text{put}(s, v) \downarrow s'$   
(GetPut):  $\forall s \in S, \forall v \in V, \quad \text{get}(s) \downarrow v \Rightarrow \text{put}(s, v) \downarrow s$   
(PutGet):  $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \Rightarrow \text{get}(s') \downarrow v$   
(PutPut):  $\forall s, s', s'' \in S, \forall v, v' \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{put}(s', v') \downarrow s'' \Rightarrow \text{put}(s, v') \downarrow s''$

## 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.  
put(put(s,v),v')  
= put(put(s,v),get(put(s,v'))) by (PutGet)  
= put(s,v') by (StrongGetPut)

## 5. Weaker Lens Laws

(WeakPutGet) :  $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{get}(s') \downarrow v \Rightarrow \text{put}(s, v') \downarrow s'$   
(PutGetPut) :  $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{get}(s') \downarrow v' \Rightarrow \text{put}(s', v') \downarrow s'$   
(GetPutGet) :  $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \quad \text{get}(s) \downarrow v \wedge \text{put}(s, v) \downarrow s' \Rightarrow \text{get}(s') \downarrow v$   
(Undoability) :  $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{get}(s') \downarrow v' \Rightarrow \text{put}(s', v') \downarrow s$   
(GetInjectivity) :  $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \quad \text{get}(s) \downarrow v \wedge \text{get}(s') \downarrow v \Rightarrow s = s'$   
(GetSurjectivity) :  $\forall v \in V, \exists s \in S, \quad \text{get}(s) \downarrow v$   
(PutTwice) :  $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \Rightarrow \text{put}(s', v) \downarrow s$   
(SourceStability) :  $\forall s \in S, \exists v \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s$   
(WeakSourceStability) :  $\forall s, s' \in S, \forall v \in V, \exists v' \in V, \quad \text{put}(s', v') \downarrow s \Rightarrow \text{put}(s, v) \downarrow s$   
(PutSurjectivity) :  $\forall s \in S, \exists s' \in S, \exists v \in V, \quad \text{put}(s', v) \downarrow s$   
(ViewDetermination) :  
 $\forall s, s', s'' \in S, \forall v, v' \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s'' \wedge \text{put}(s', v') \downarrow s'' \Rightarrow v = v'$   
(PutInjectivity) :  
 $\forall s, s' \in S, \forall v, v' \in V, \quad \text{put}(s, v) \downarrow s' \wedge \text{put}(s, v') \downarrow s' \Rightarrow v = v'$

## 6. 目的

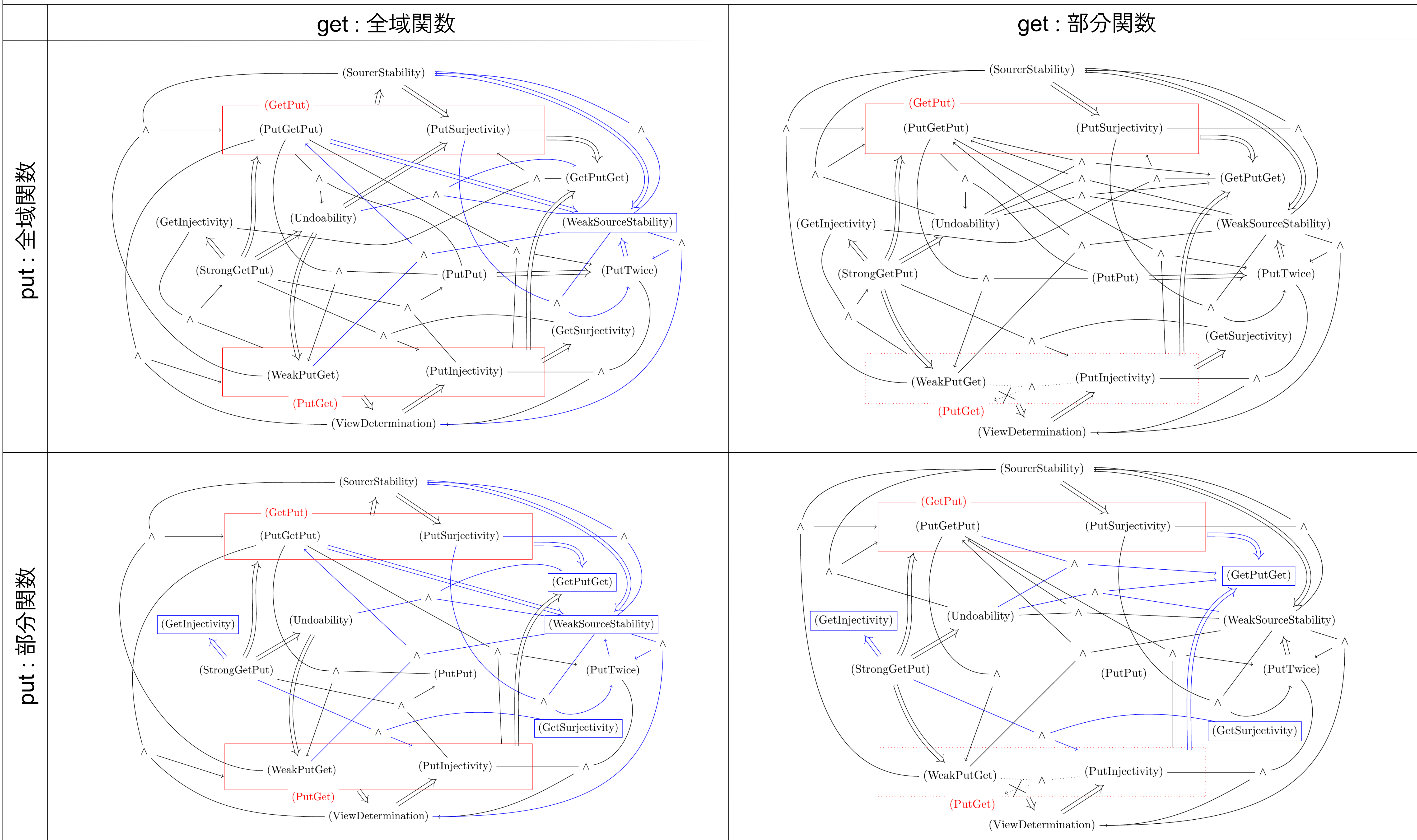
すでに以下のようなレンズ則の含意関係が求められている

	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、青色の部分新たに求められたレンズ則の含意関係である



[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 Bancelhon and Nicolas Spyrtas. 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 of lens laws. In Ralf Hinze and Janis Voigtlander, 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.