

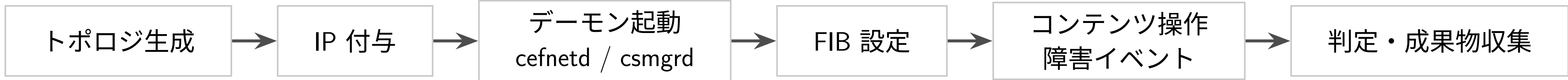
ReCefore: 再現・検証・共有できる ICN 障害実験基盤

a reproducible Cefore experimentation framework

山川 晃資・Xun Shao(豊橋技術科学大学)

背景とギャップ

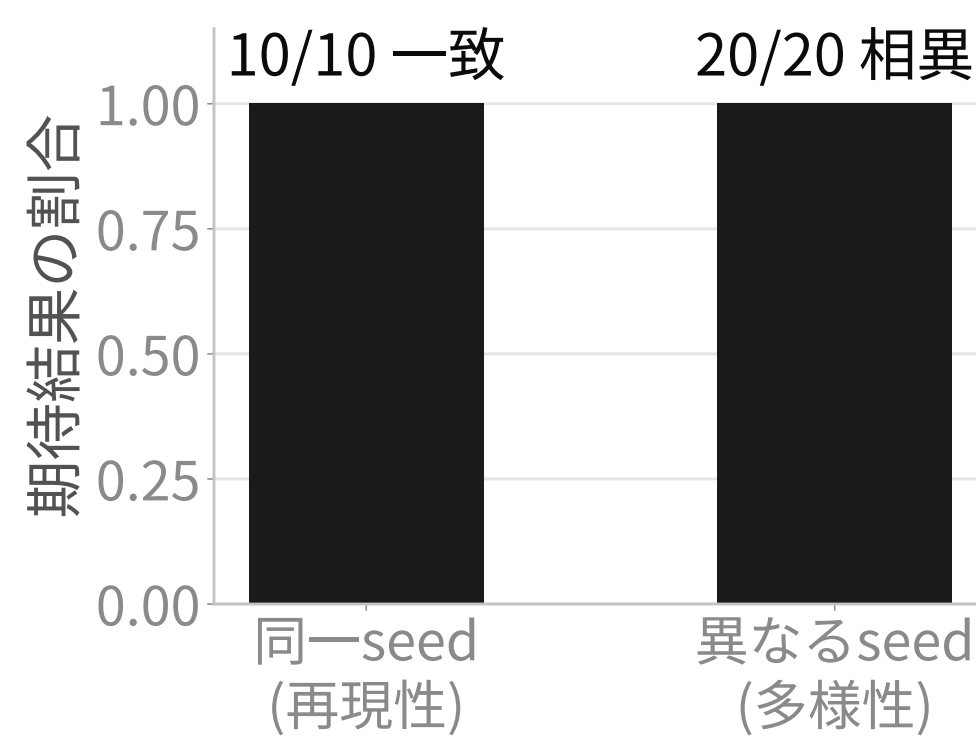
- Cefore (Asaeda et al., 2019) は CCN 実装として OSS 公開済み。障害実験環境は、調査範囲で同等の公開実装を確認できなかった(2026-07-15 調査)。
- 本研究の目標: ICN 障害実験を、第三者が**再現**(柱1)・**検証**(柱2)・**共有**(柱3)できる形で提供する。
- そのために Mininet 上へ Cefore デモン群を自動構築し、障害イベントをコンテンツ操作と同一タイムラインで注入する基盤を BSD-3 で公開。



柱1 再現性

M1 三層検証(15 hosts / 48 switches)

- 同一 seed × 10 : 10/10 で同じ構造
異なる seed × 20 : 20/20 で異なる構造
- 判定結果: 10/10 で一致
pub/sub の失敗 2 件も同じ位置で再現
- スループット CV : 6.3~17.7%
所要時間 CV : 6.7~19.7%
性能値は試行間で変動



バッチ実証

- 実行: 165/165 ジョブを再試行なしで完了
- 再導出: 解析 JSON の SHA-256 が 9/10 で一致
残り 1 件は手書き注記のため対象外

柱2 ランダム性

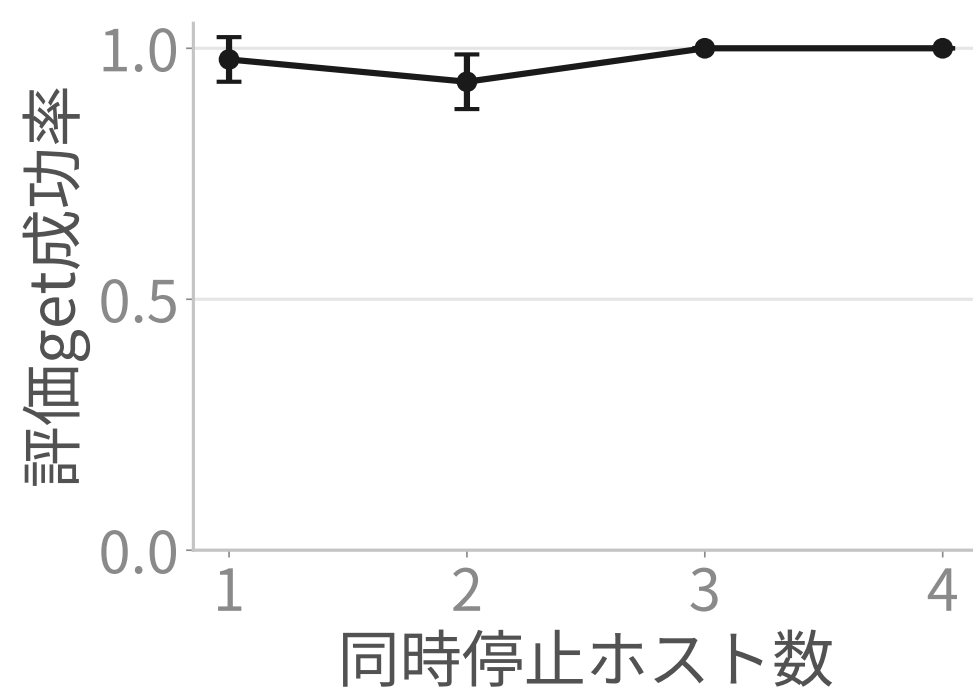
RNG 名前空間分離

```
derive_seed =  
sha256("ceforeemu:v1:{ns}:{seed}")
```

- ドメイン追加でも
既存のトポロジと障害系列は不変
- ランダム化対象:
トポロジ生成/役割割当
キャッシュ配置/障害対象選択

M5c 障害強度スィープ

- 条件: 同時停止 1~4 ホスト × 5 seed
- 成功率平均: 0.978 / 0.933 / 1.000 / 1.000
最大標準偏差: 0.054
- **変動が分布として観測できる** (系統の変動注入が機能)



柱3 OSS

公開形態

BSD-3-Clause/cefore-emu 0.2.0 – github.com/ss-lab-tut/cefore-emu-sslab

再利用・拡張

- CLI 3 エントリーポイント
- 設定例 19 + キャンペーン設定 38 YAML
- スケール実測: 1 台・5~60 ホスト × 5 seed (25 ジョブ)
評価 get 75/75 成功、60 ホスト時のピークメモリ中央値 20.2 GB
- 未解決障害の記録: 根本原因未確定の障害を issue #14 として公開

Cefore 本体の不具合を特定・回避

症状 | -d/-p を指定しても意図した cefnetd に接続しない
原因 | ccninfo が -d/-p の解析前に cef_client_init を実行し、指定が初期化に反映されない
回避 | 対象ノードの cefnetd.conf を指す CEFORE_DIR を設定

症状 | CCNinfo 応答が破損し、クライアントに棄却される
条件・原因 | 起点 cefnetd が CS_MODE=2・csmgrd キャッシュヒット・-c なし のとき、cef_netd_external_cache_seek が pkt_len をネットワークバイトオーダーのまま扱う
回避 | 起点を非キャッシュ (CS_MODE=0) にするか、-c を付ける

この基盤だから到達できた知見

A. 同名 URI の同時購読 (検証例)

固定 seed の対照実験・各セル 5 試行:

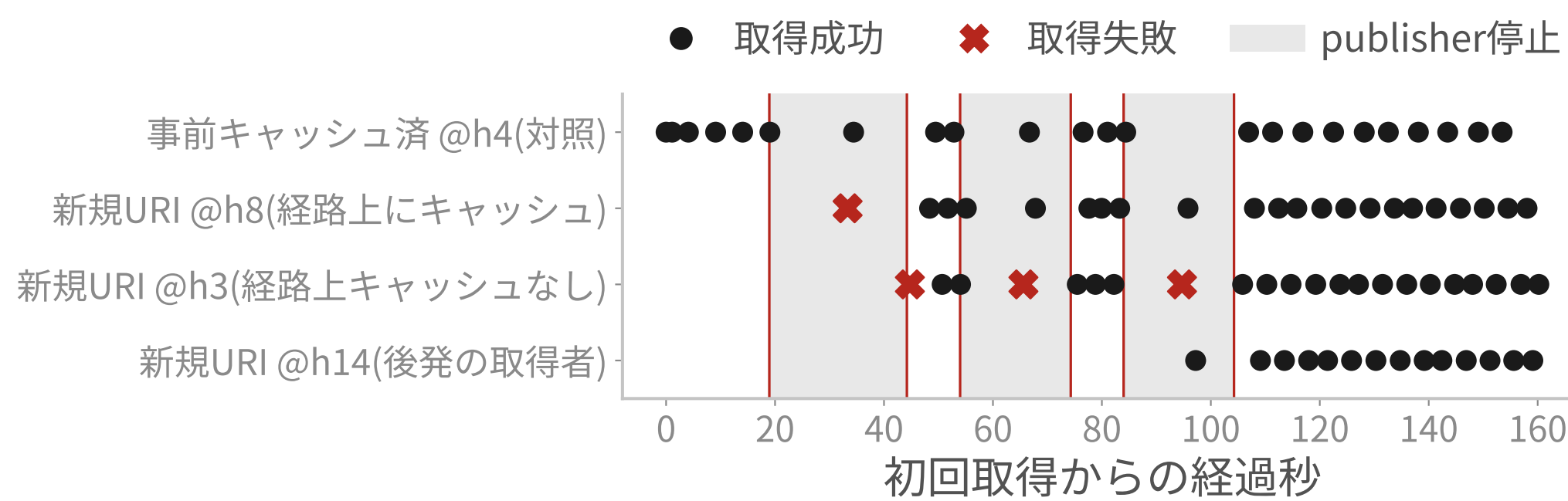
条件	1 hop	2 hop	3 hop
単独購読	5/5	5/5	5/5
同名 URI 同時購読	5/5	0/5	0/5
待機延長	5/5	0/5	0/5
経路強化 (shortest/ECMP/FIB)	5/5	0/5	0/5
購読者ごとに別 URI	5/5	5/5	5/5

多段経路で同名 URI を同時購読した場合に障害が再現した。
ホップ数単独、待機時間、FIB 設定では説明できない。
Trigger Interest 処理を原因候補として Issue #14 に記録したが、
根本原因は未確定である。

限界と注意

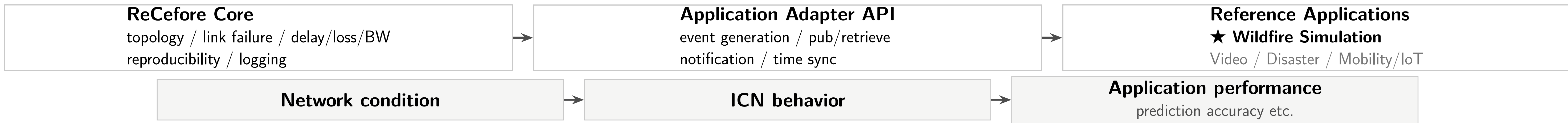
- (1) M5a のキャッシュあり/なし比較は交絡があり、配置ランキングとしては読めない
- (2) 性能値は試行間で変動 (CV 6~18%)。再現されるのは構造と判定
- (3) switches 指定は生成上限 (48 指定 → 実現 24~38)

B. M5e: 障害窓と経路上 csmgrd



- publisher を 20 秒 × 3 窓停止し、seed を変えて 5 回実行 (図は 1 回分)
- 窓間に一度取得すると経路上の csmgrd が複製を保持し、以後の停止窓でも取得できた
- 本条件では、取得継続と **FIB 経路上の csmgrd に保持された複製** が対応した (5/5)

今後の展開



Application Adapter API を導入し、外部シミュレータと連携可能な実験基盤へ拡張する。

最初の Reference Application として火災シミュレータ (非公開) を接続し、ネットワーク障害が予測精度等のアプリケーション性能に与える影響を評価する。

結論

- **再現**: 同一 seed で構造と判定を完全再現 (失敗まで)
- **検証**: 名前空間分離 seed で変動を注入し、対照実験で原因を絞り込み
- **共有**: BSD 3-Clause で公開し、CI と 1,339 件のテストを整備

github.com/ss-lab-tut/cefore-emu-sslab

参考文献: H. Asaeda et al., IEICE Trans. Commun., vol.E102.B, no.9, 2019.

