

JPS (Sep 14th, 2018)

KAGRAの ロックロス診断

宮崎祐樹（東大理）、道村唯太、端山和大、三代浩世希、安東正樹
on behalf of KAGRA collaboration

概要

- 地震が起こった時、その地震がKAGRAのロックロスを起こすかどうかを判断するための手法を開発、検証した。
- bKAGRA phase-1 中のロックロスデータと地震情報を用いて、「ロックロスを引き起こし得た地震」と「引き起こし得ない地震」に分類し、距離とマグニチュードに応じて分離できるか試みた。
- しかし完全な分離には至らず不十分。手法の改良が今後の課題。

導入

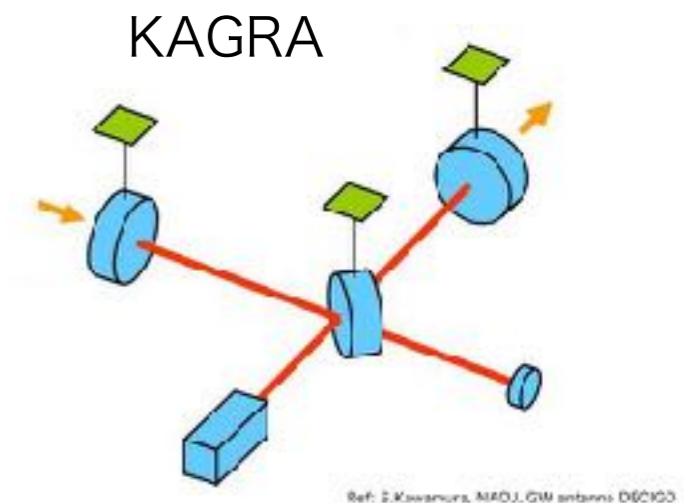
- 重力波望遠鏡KAGRAは重力波の観測のため、鏡の位置を制御（ロック）する必要がある
- **ロックロス** = 制御が外れること
 - ロックロスを減らせば長い時間の重力波観測が可能！

5月に行った試運転 bKAGRA phase-1

日程：4/28~5/7 約9日分

ロックロス：110回

稼働率：71%



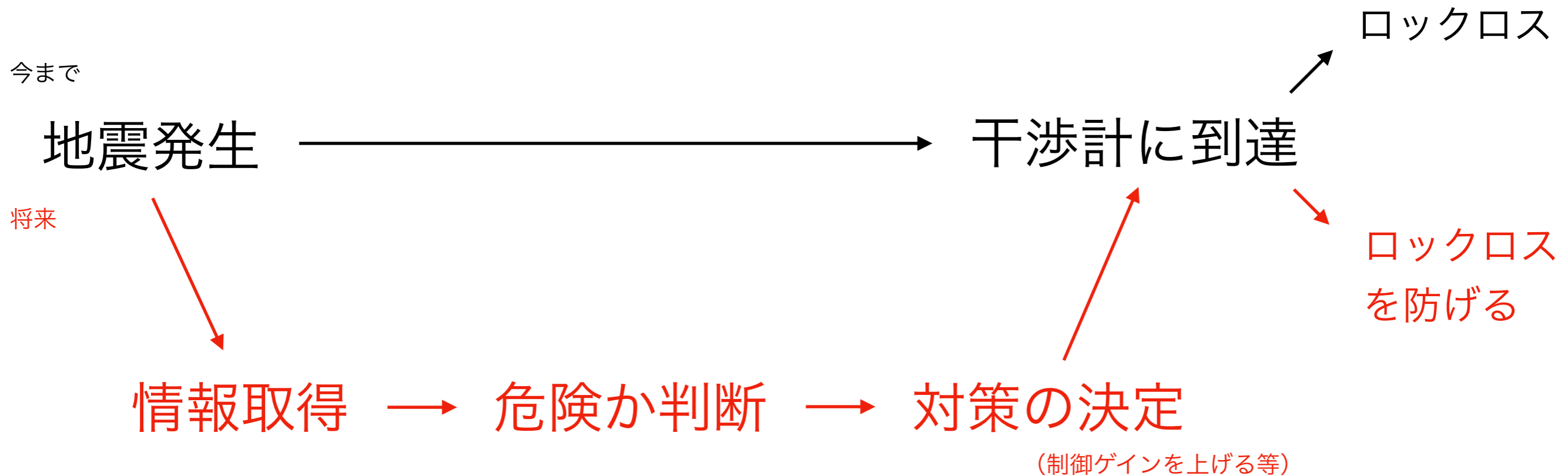
導入（本研究の立場）

- 目的：KAGRAのロックロスを減らしたい
- ロックロスの原因：BSドリフト、IMC制御ミス、**地震**
- もし危険な地震の到来が予め分かれば対策可能！



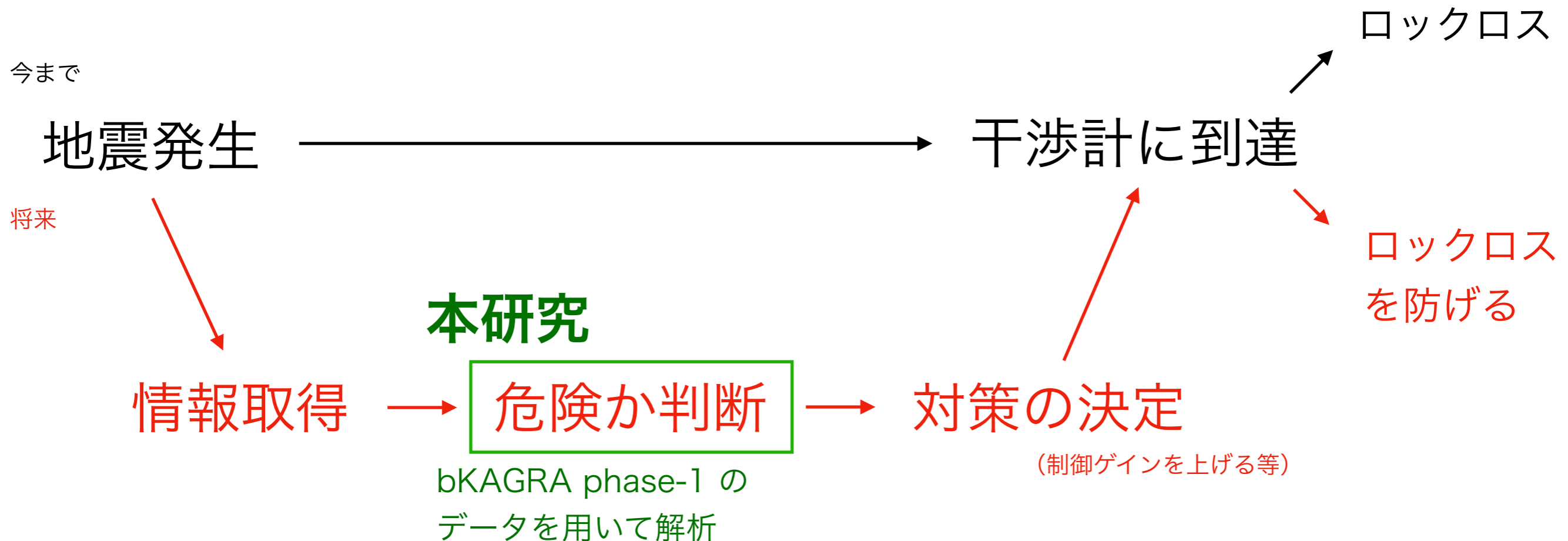
導入（本研究の立場）

- 目的：KAGRAのロックロスが減らしたい
- ロックロスの原因：BSドリフト、IMC制御ミス、**地震**
- もし危険な地震の到来が予め分かれば対策可能！



導入（本研究の立場）

- 目的：KAGRAのロックロスが減らしたい
- ロックロスの原因：BSドリフト、IMC制御ミス、**地震**
- もし危険な地震の到来が予め分かれば対策可能！

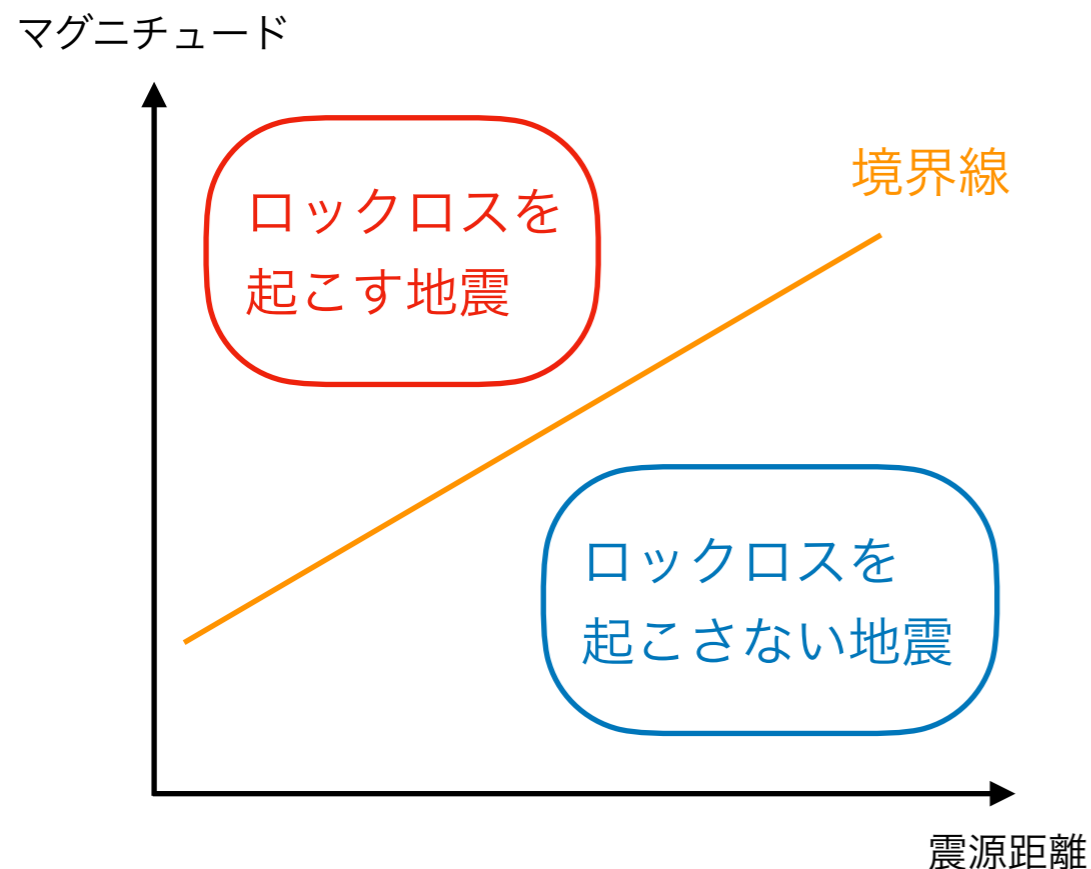


解析手法

情報取得 → 危険か判断 → 対策の決定

どのように判断するか？

アイディア：地震の震源距離とマグニチュードを用いて
ロックロスを起こす危険なものか判断する

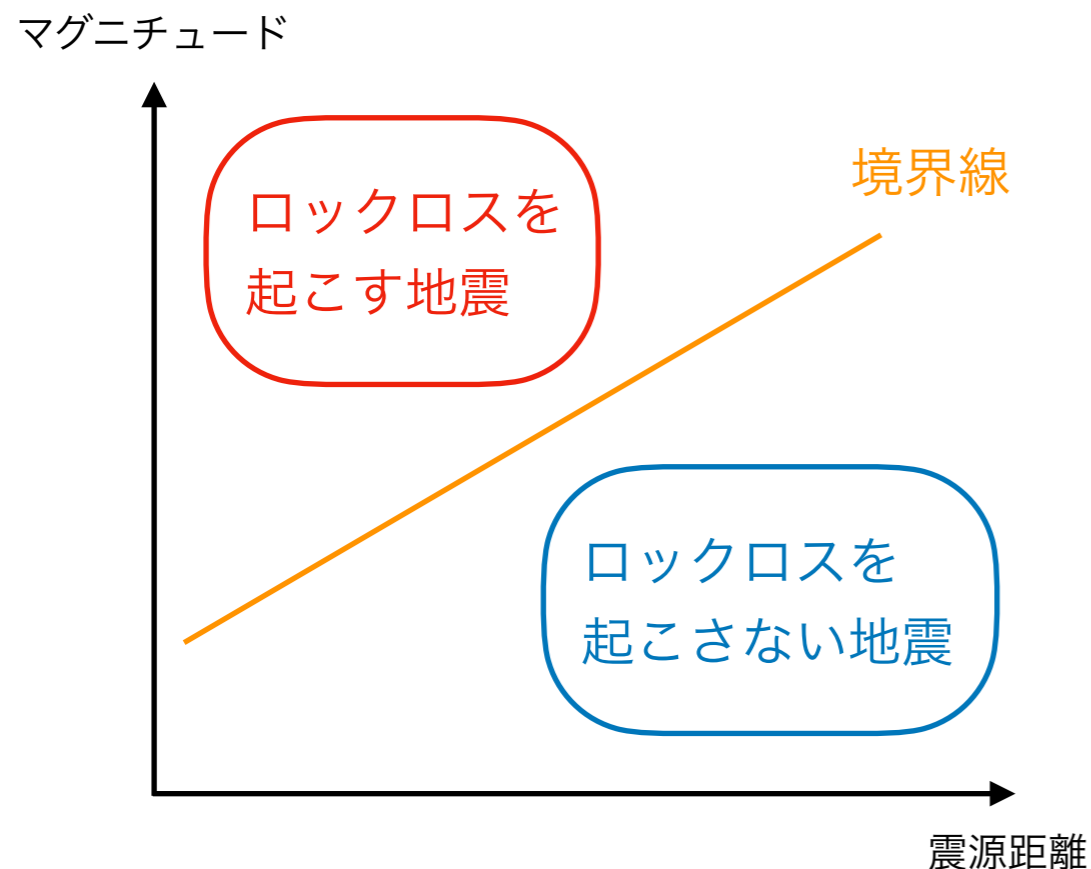


解析手法

情報取得 → 危険か判断 → 対策の決定

どのように判断するか？

アイディア：地震の震源距離とマグニチュードを用いて
ロックロスを起こす危険なものか判断する



bKAGRA phase-1の期間に発生した地震について、

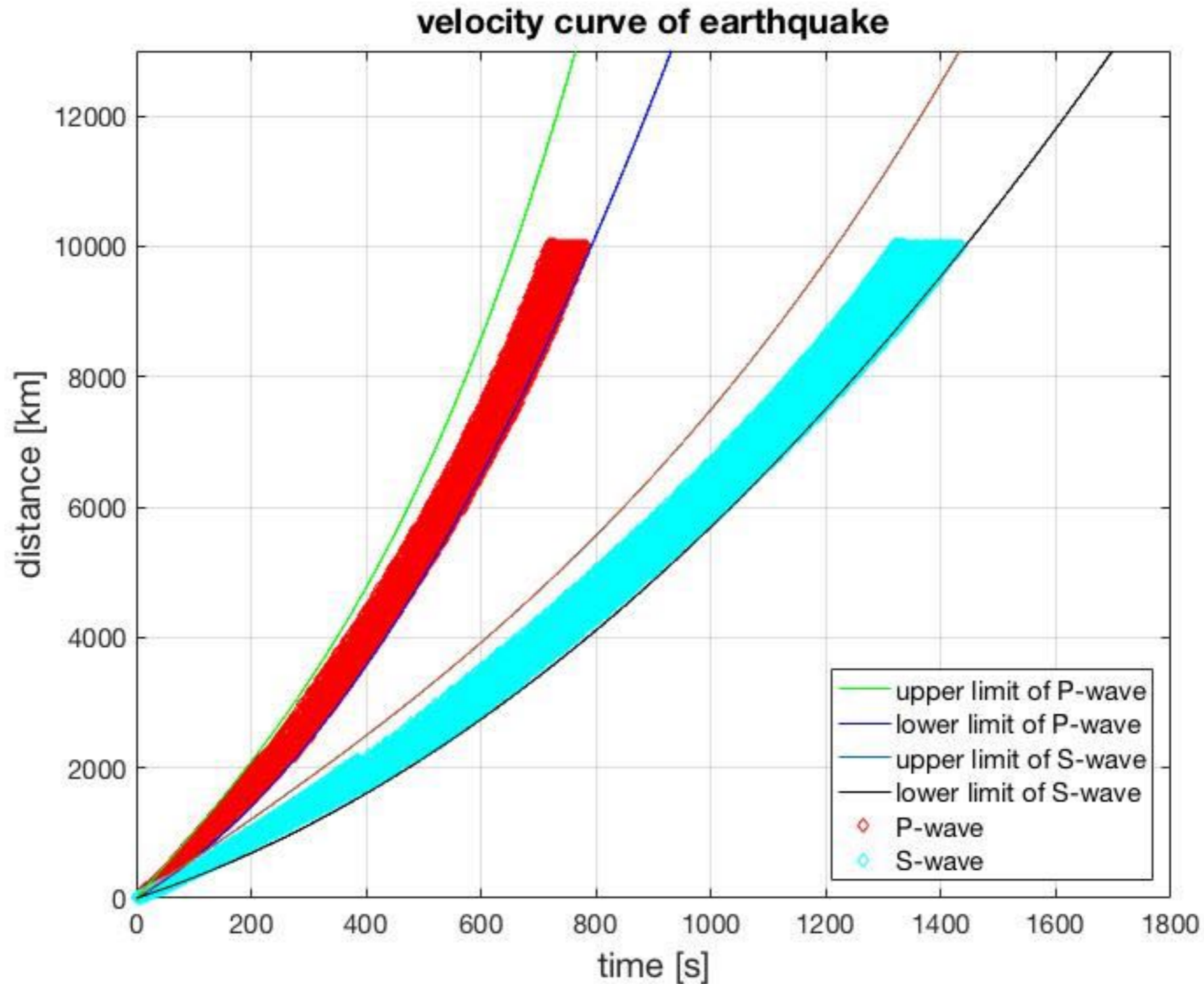
- ロックロスを起こしたか（危険地震）
- ロックロスを起こさなかったか（安全地震）

で分類し、実際にプロットして二分されることを見る

解析手法（流れ）

1. 地震情報（発生時刻、震源場所、マグニチュード^{≥4}）取得
2. KAGRAまでの距離 を計算
3. それぞれの地震の到着時間幅がわかる
4. その時間幅の中にロックロスがあったかどうか確認
 - ロックロスが全くない → 安全地震
 - (1000秒以上ロックしていた後) ロックロスあり → 危険地震

解析手法 (地震の到達時間幅)

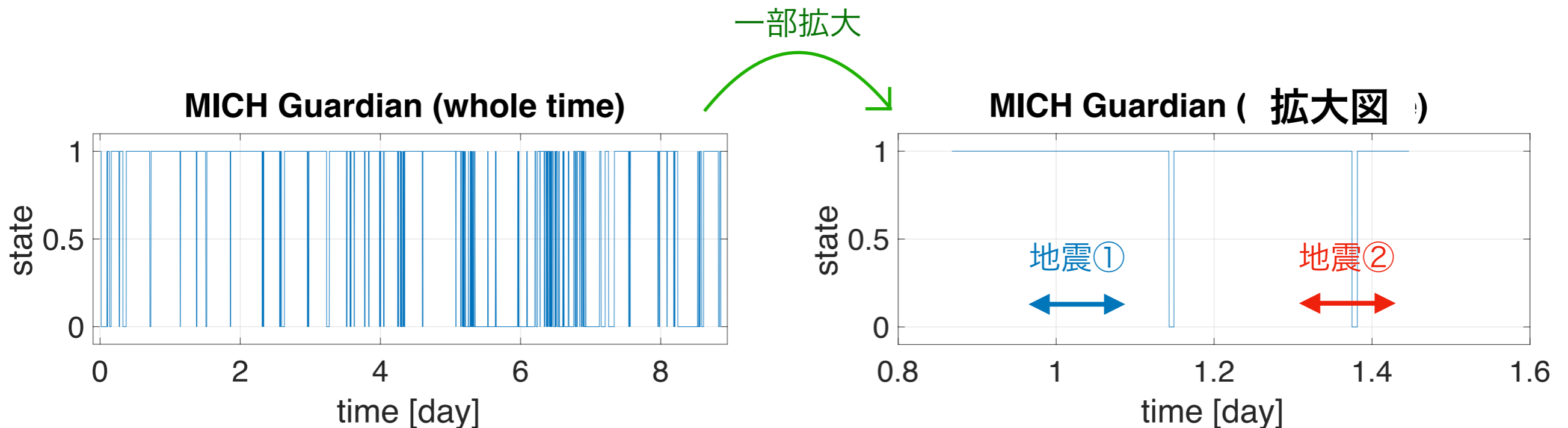


解析手法（流れ）

1. 地震情報（発生時刻、震源場所、マグニチュード^{≥4}）取得
2. KAGRAまでの距離 を計算
3. それぞれの地震の到着時間幅がわかる
4. その時間幅の中にロックロスがあったかどうか確認
 - ロックロスが全くない → 安全地震
 - (1000秒以上ロックしていた後) ロックロスあり → 危険地震

解析手法（ロックロスがあるか）

- 干渉計がロックしているかを監視するチャンネル（MICH Guardian）を見れば良い



MICH Guardianの出力

1 : ロックしている

0 : ロックしていない

(例) 地震① : 到着時間幅にロックロスがないので安全
地震② : 到着時間幅にロックロスがあるので危険

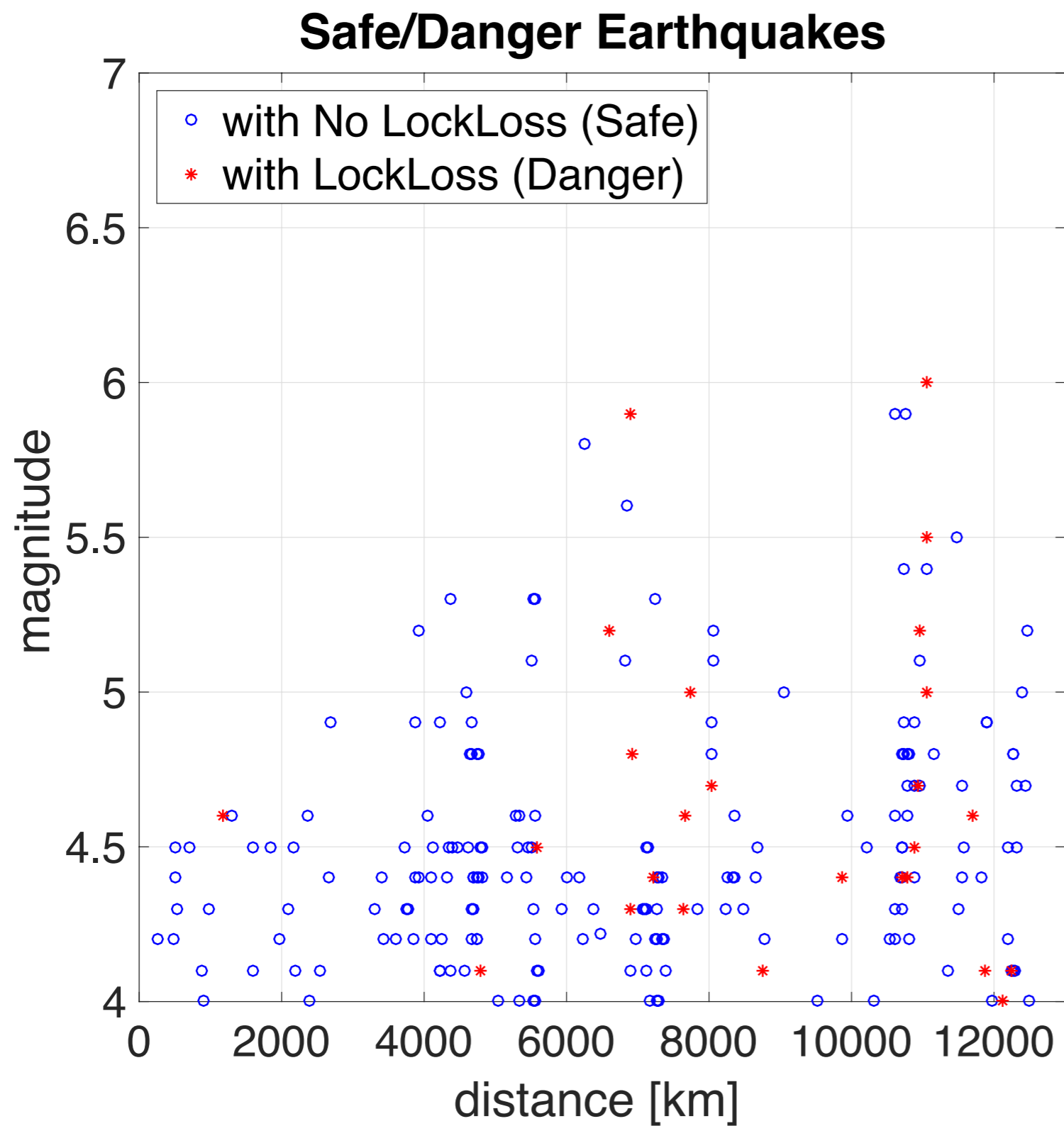
解析手法（流れ）

1. 地震情報（発生時刻、震源場所、マグニチュード^{≥4}）取得
2. KAGRAまでの距離 を計算
3. それぞれの地震の到着時間幅がわかる
4. その時間幅の中にロックロスがあったかどうか確認
 - ロックロスが全くない → 安全地震
 - (1000秒以上ロックしていた後) ロックロスあり → 危険地震

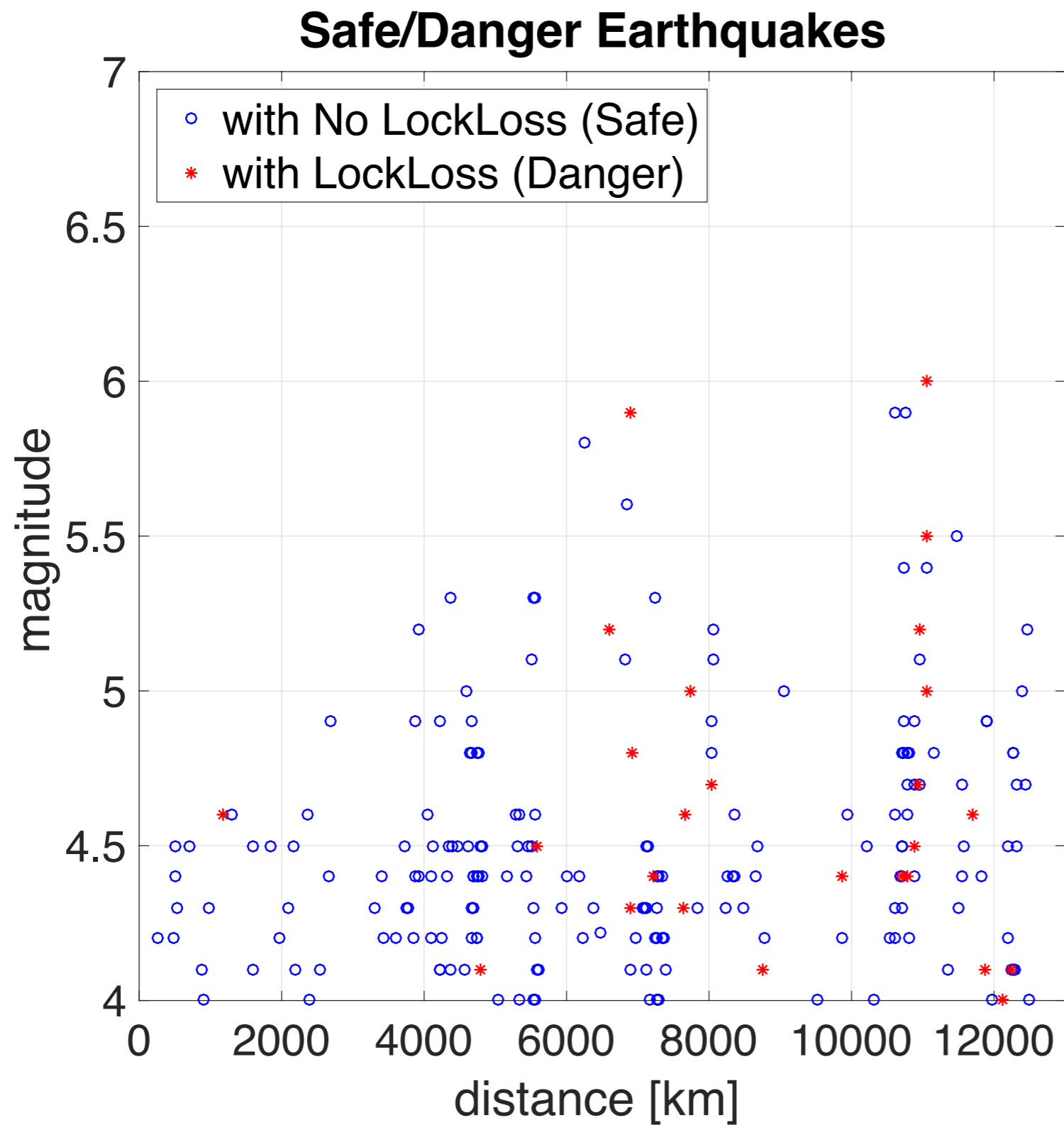
解析手法（流れ）

1. 地震情報（発生時刻、震源場所、マグニチュード^{≥4}）取得
 2. KAGRAまでの距離 を計算
 3. それぞれの地震の到着時間幅がわかる
 4. その時間幅の中にロックロスがあったかどうか確認
 - ロックロスが全くない → 安全地震
 - (1000秒以上ロックしていた後) ロックロスあり → 危険地震の可能性
- 一瞬だけロックがかかったものを除くため
- 地震以外の原因も考えられる

結果



結果



低マグニチュードの領域に
赤い点 (到達時間幅にロックロスがあったもの)
がいくつか存在

考察：

このロックロスは
地震が原因か？

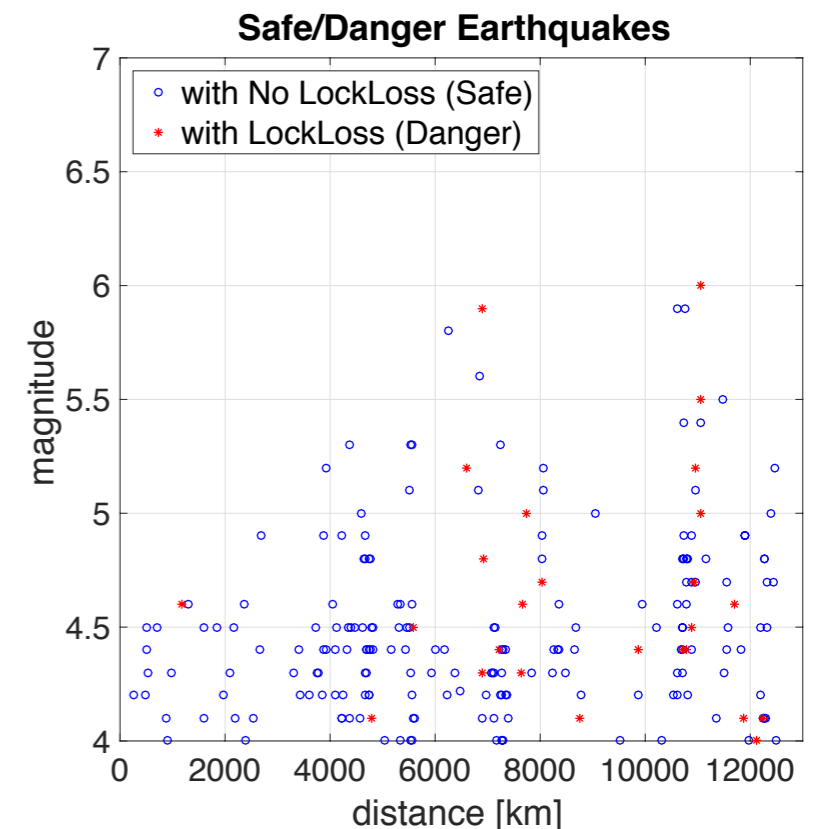
考察

これらの赤い点のロックロスは地震が原因か？

もし、ロックロスの原因が地震以外であれば、
下側は安全領域だと言える



地震以外の原因で起こるロックロス
の頻度を調べ、それが赤い点の個数
を説明するか確認



考察

地震以外の原因で起こるロックロスの回数の期待値と赤い点の個数を比較すれば良い

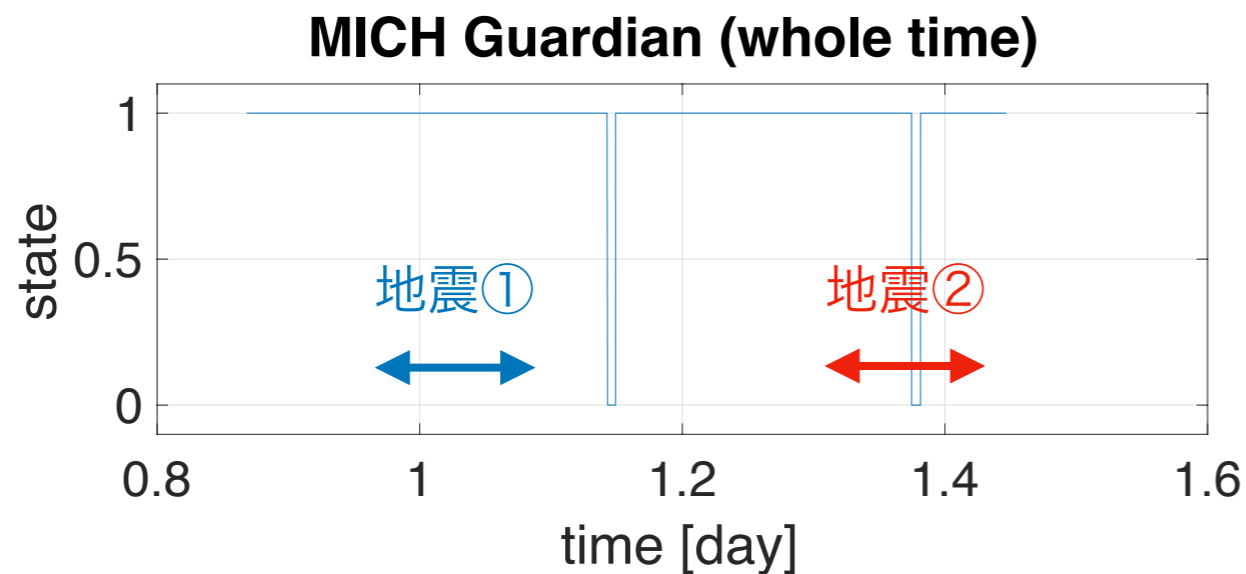
地震が確実に来ない時間帯に起きたロックロス回数

地震が確実に来ない時間帯のうちロックしている長さ [sec]

×

地震の到着時間幅の和 [sec]

地震以外の原因で起こるロックロスの頻度



考察

地震以外の原因で起こるロックロスの回数の期待値と赤い点の個数を比較すれば良い

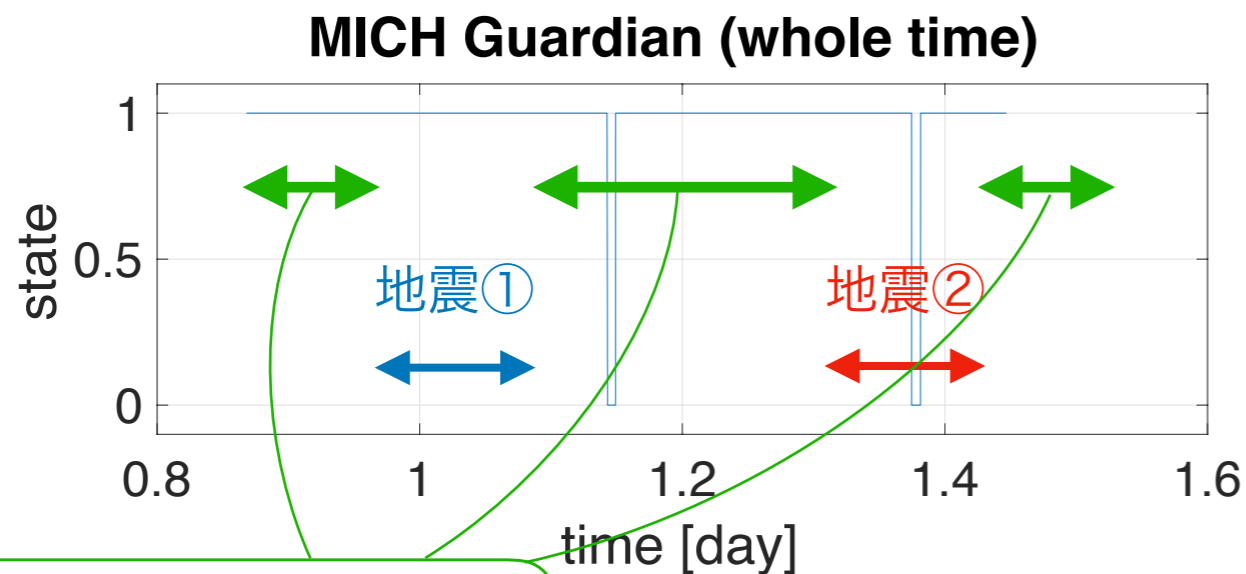
地震が確実に来ない時間帯に起きたロックロス回数

地震が確実に来ない時間帯のうちロックしている長さ [sec]

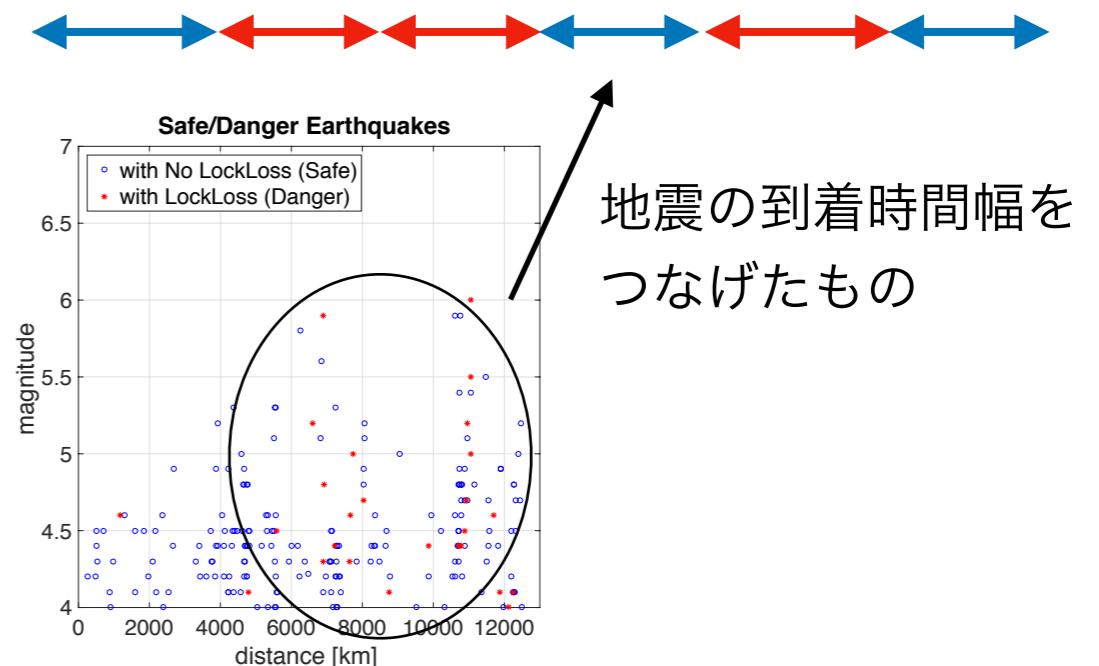
×

地震の到着時間幅の和 [sec]

地震以外の原因で起こるロックロスの頻度



地震が確実に来ない時間帯



考察

地震以外の原因で起こるロックロスの回数の期待値と赤い点の個数を比較すれば良い

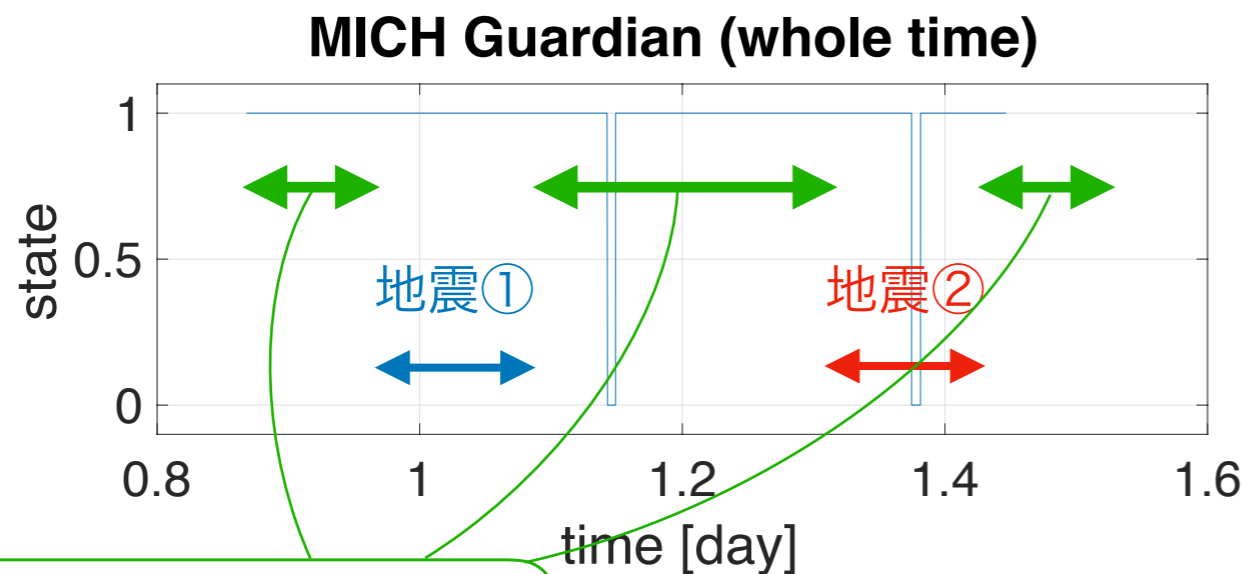
地震が確実に来ない時間帯に起きたロックロス回数

地震が確実に来ない時間帯のうちロックしている長さ [sec]

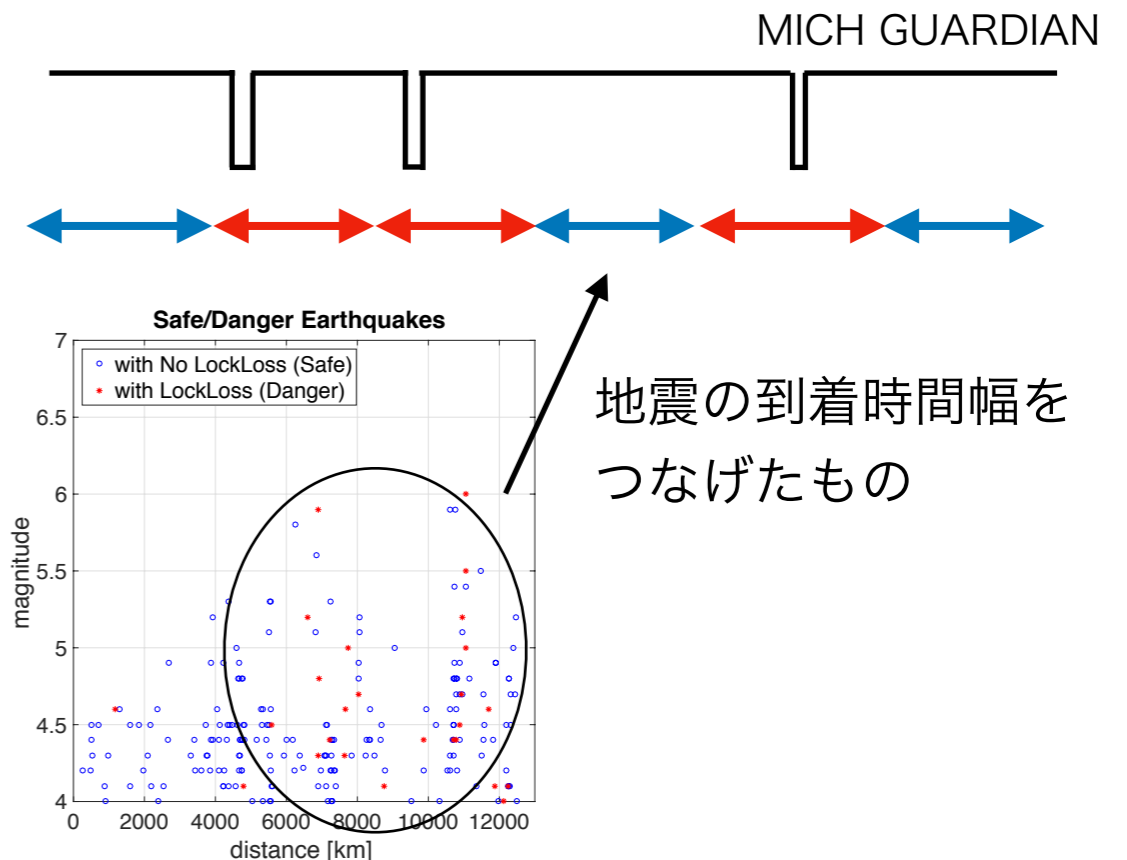
×

地震の到着時間幅の和 [sec]

地震以外の原因で起こるロックロスの頻度



地震が確実に来ない時間帯



考察

地震以外の原因で起こるロックロスの回数の期待値と赤い点の個数を比較すれば良い

地震が確実に来ない時間帯に起きたロックロス回数

地震が確実に来ない時間帯のうちロックしている長さ [sec]

×

地震の到着時間幅の和 [sec]

この回数の期待値が、

- 赤い点の個数と一致

→ 下の赤い点で起きたロックロスは、

地震以外が原因だとしても矛盾しない

- 赤い点の個数より小さい値

→ 地震が関係ないとは言えない

考察

計算すると、

地震が確実に来ない時間帯に起きたロックロス回数

地震が確実に来ない時間帯のうちロックしている長さ [sec]

×

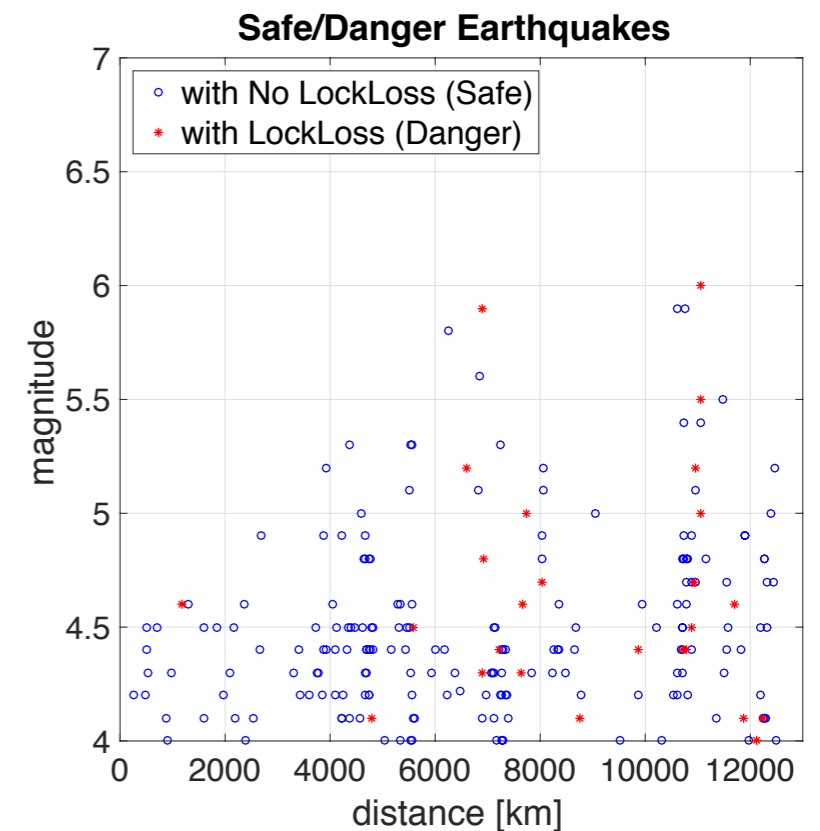
地震の到着時間幅の和 [sec]

= 10 ± 3 (誤差は地震以外のロックロスが
ポアソン分布に従って起こると仮定)

< 赤い点の個数 28

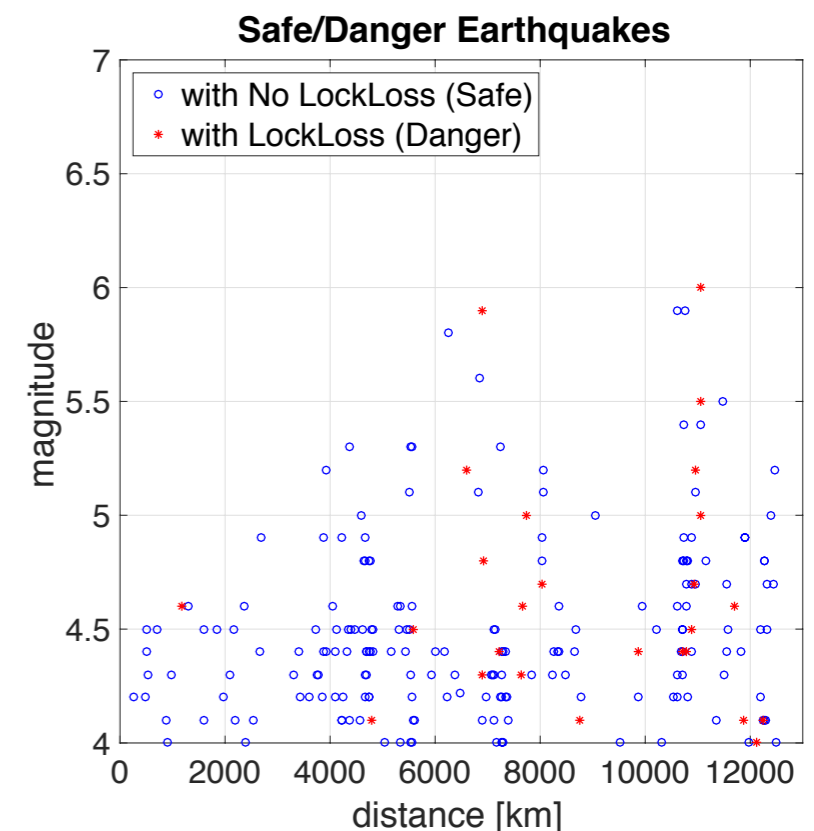
→ 下の赤い点で起きたロックロスは、
地震が原因ないとは言えない

→ **安全地震**と**危険地震**に分離できていない



本手法の結論、今後の展望

- 目的：「ロックロスを起こし得た地震」と「起こし得ない地震」に分類し、それらが分離されるか確認
- しかし低マグニチュード帯にも危険地震（到着時間幅にロックロスがあった地震）が存在し、分離は見られなかった。
- 地震の分類方法に改良が必要
 - 地震の波種（P or S）や方向依存性を考慮
- KAGRAのデータから危険地震の特徴を見る



まとめ

- 地震が起こった時、その地震がKAGRAのロックロスを起こすかどうかを判断するための手法を開発、検証した。
- bKAGRA phase-1 中のロックロスデータと地震情報を用いて、「ロックロスを引き起こし得た地震」と「引き起こし得ない地震」に分類し、距離とマグニチュードに応じて分離できるか試みた。
- しかし完全な分離には至らず不十分。手法の改良が今後の課題。