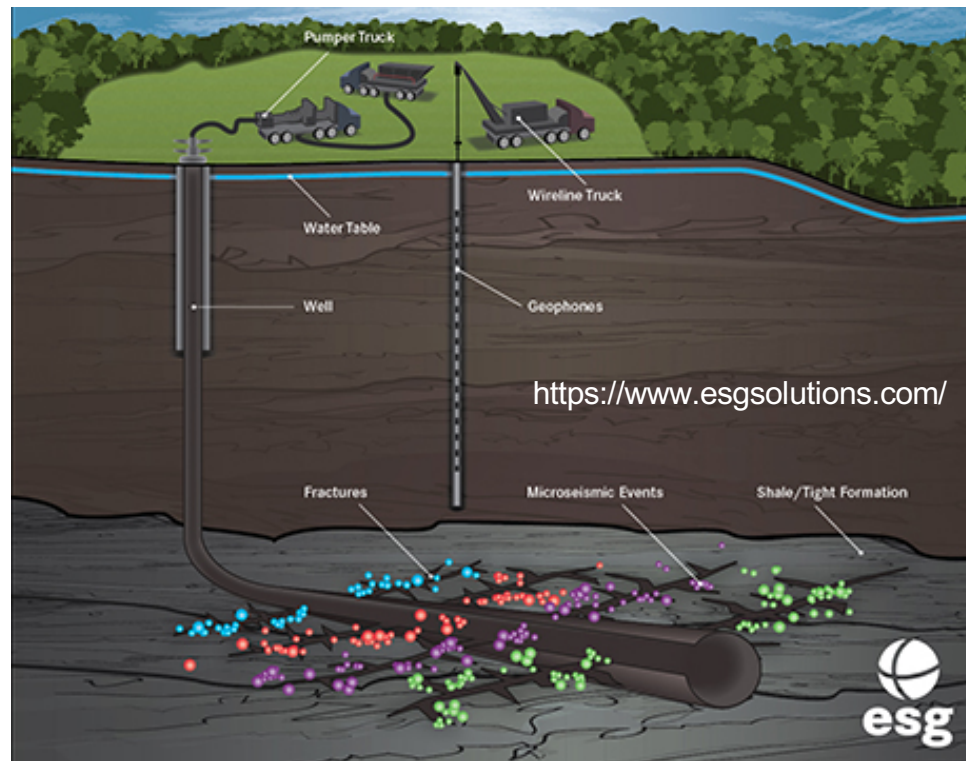


地下開発時の地下流体流動に関わる物理現象の理解と工学的応用

未踏エネルギー研究センター 地殻環境エネルギー研究分野 助教：椋平 祐輔



地下へ注水を行うことで地層の透水性改善を行う

→ 能動的地熱開発，非在来型資源開発

地下開発時に発生する微小地震に関する研究事項

Measurement

- より多くの微小地震の検出

Analysis

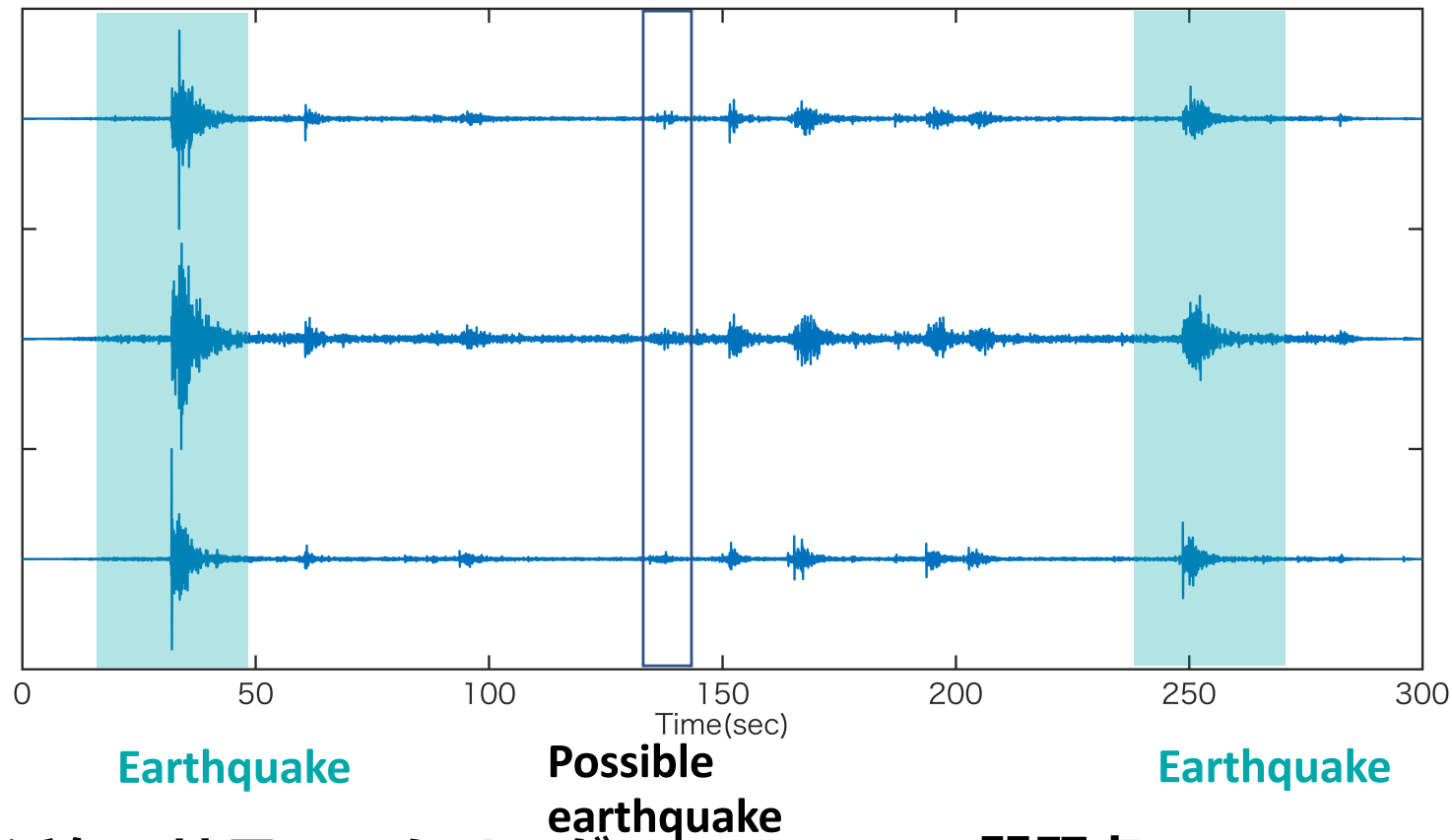
- 物理現象を明らかにする為の解析技術の開発

Interpretation

- 誘発地震の抑制

より効率的で持続可能な地下開発の実現

ビッグデータ時代の微小地震検出手法開発



近年の地震モニタリング

- 多観測点
- 常時計測
- **検出**・基礎解析自動化

問題点

- NSRが低い（小さい）イベントの検出
- ML等を利用するための教師データ不足

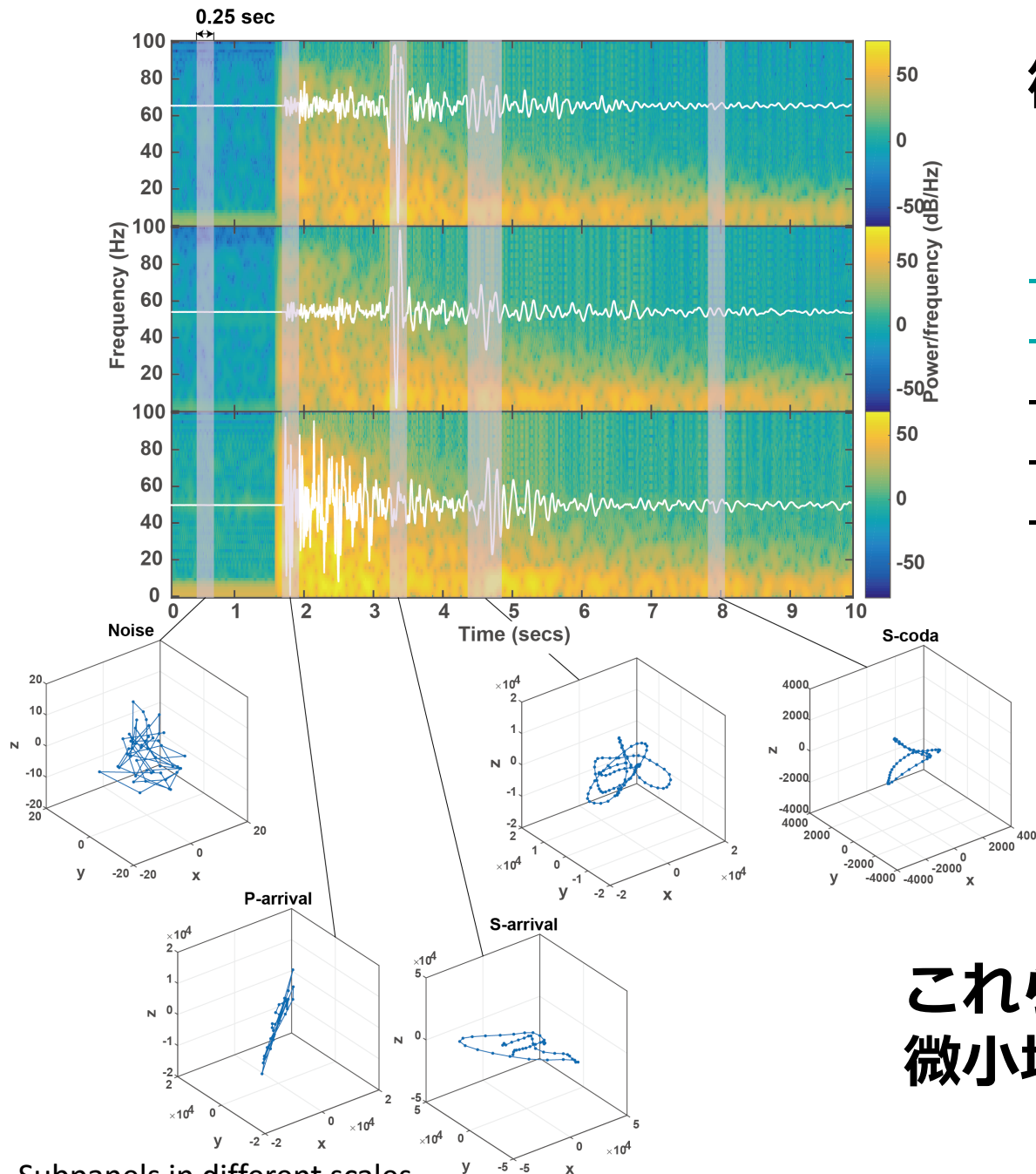
Objective

低SNRイベントの検出が可能かつ、
震源関数に依存しない微小地震検出手法の開発

微小地震の粒子軌跡の特徴

微小地震検出に用いる 3次元粒子軌跡の特徴

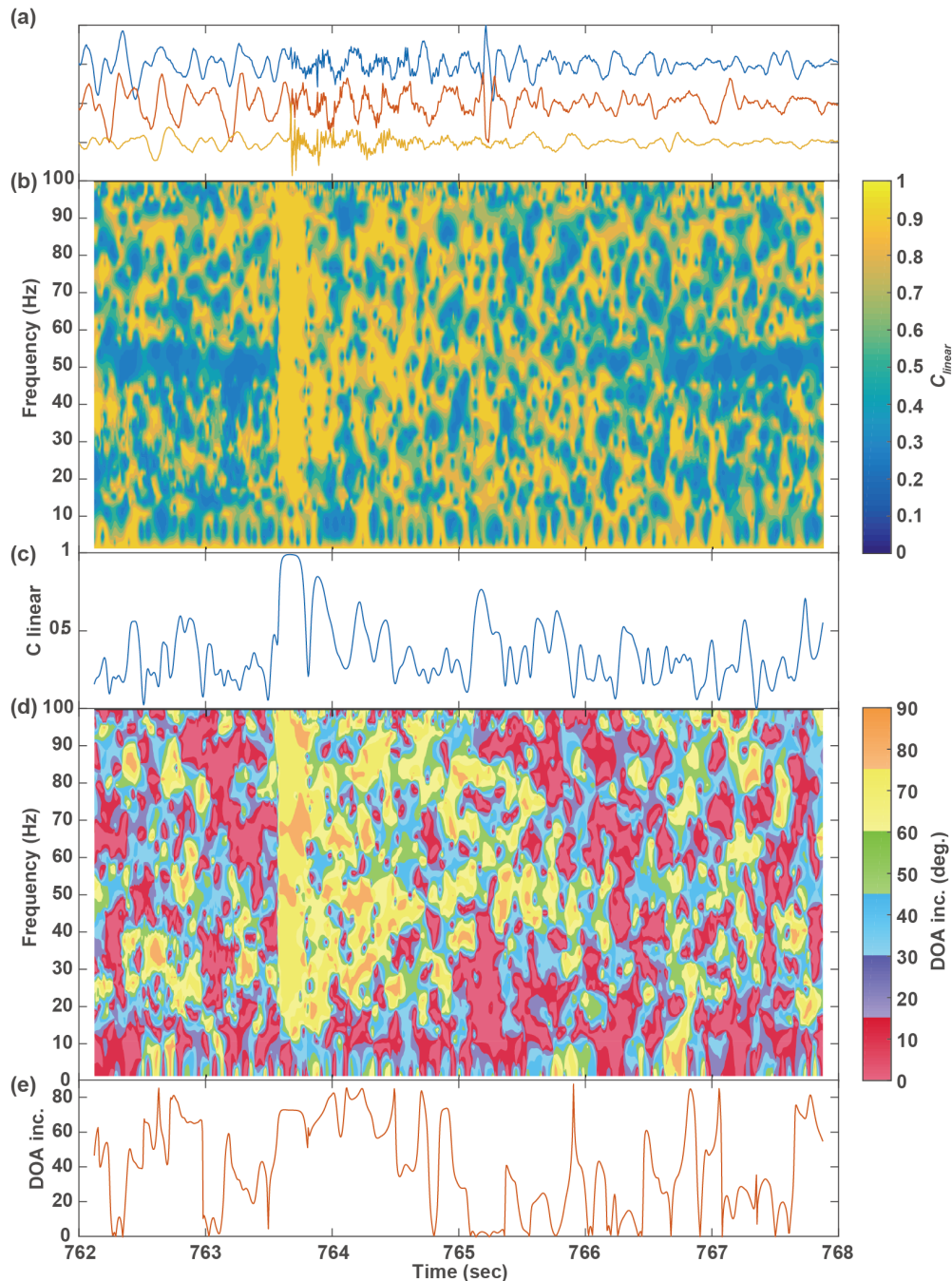
- P波到達時の直線性粒子軌跡
- 震源方向への粒子軌跡
- S波到達時の平面性粒子軌跡
- P波S波の粒子軌跡の垂直性
- P波到達前, S波coda部のランダム性



これらの特徴を検出する様な
微小地震検出方法を設計する

Subpanels in different scales

低SNRイベントへの適用結果



Low SNR event

- 762~768 sec @ G674
- $DOA_0=75$ deg. referred from this event
- Detected by careful visual inspection

Computation condition

- Sampling frequency : 200 Hz
- Time window : 50 points (0.25 sec)
- Time window shift : 1 point
- STFT number : 128 points
- Frequency band : 20~40 Hz

本手法で、従来方法では検出できない様な微小地震に対し、粒子軌跡の直線性と、その方向を精度よく検出することができた



従来の手法に対して約2倍の微小地震を検出することに成功した

Phase1. 3次元粒子軌跡を用いた微小地震検出

(共同研究：MIT, Exxon Mobil)

→ [Mukuhira et al., BSSA 2020](#)

Phase2. 微小地震検出後 → 位置決定

(共同研究：MIT, Exxon Mobil)

→ S波到来時刻検出

(伊藤研M1孫さん 修士研究)

Phase3. 高次元信号処理による信号検出

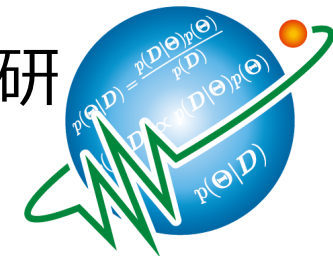
iSeisBayes; 東北大学工学部 野々村 Team

(共同研究：東京大学, 東北大学, 統計数理研)

→ 時間遅れ解析窓を用いた高次元信号処理

(浅井・野々村研PD永田さん協働)

CREST



iSeisBayes

次世代地震計測と最先端ベイズ統計学との融合による
インテリジェント地震波動解析