

## 1.2 ハイブリッド表面波探査技術の計測・解析過程

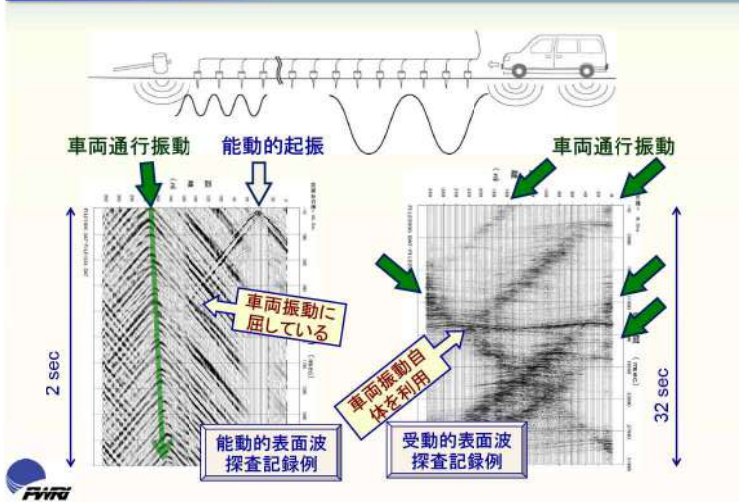
- 従来の表面波探査法は振動を測定する手法であり車両通行などによる振動雑音には弱かった。
- 車両通行によって発生する振動雑音の大部分は表面波である。
- 振動発生源がランダム(不規則に通行, 大型車もそれなりに混在)であれば, 表面波探査の一種である受動的探査法(微動探査)を適用可能。
- 道路天端センター/路肩部に縦断方向に測線を展開して地震計を等間隔で設置。
- 重交通振動にめげず人工振源による能動的表面波探査を実施。
- 受動的表面波探査を実施: 車両通行振動を測定。
- 測線を撤収して次の箇所へ移る。
- データを解析して2次元のS波速度構造断面を作成。
- 盛土・基礎地盤内の脆弱部(低S波速度部)を抽出・アセス。

## 1.3 ハイブリッド表面波探査技術の計測風景

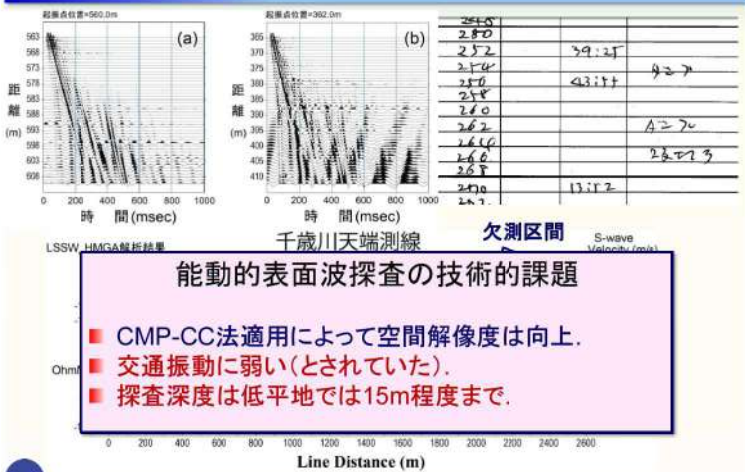


- 上: 地震計の近傍をかけ矢で打撃する。
- 右上: 車の通行時の振動を測定する。
- 右: 交通量が少ない場合は測線のそばを歩き回る

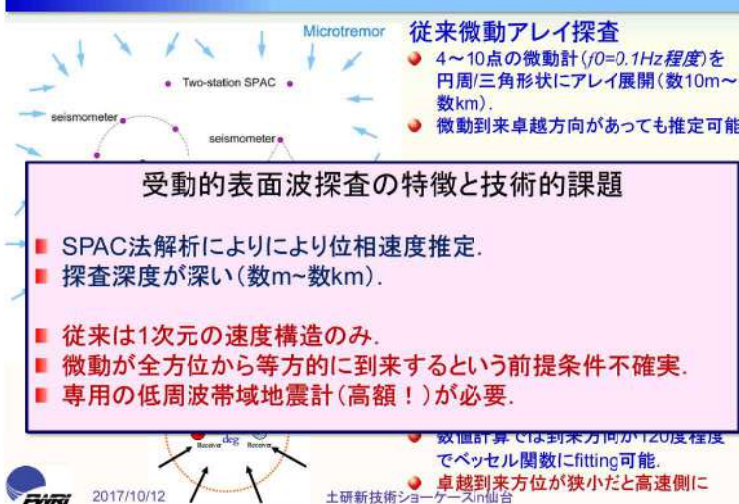
## 1.4 ハイブリッド表面波探査技術の測定概念図



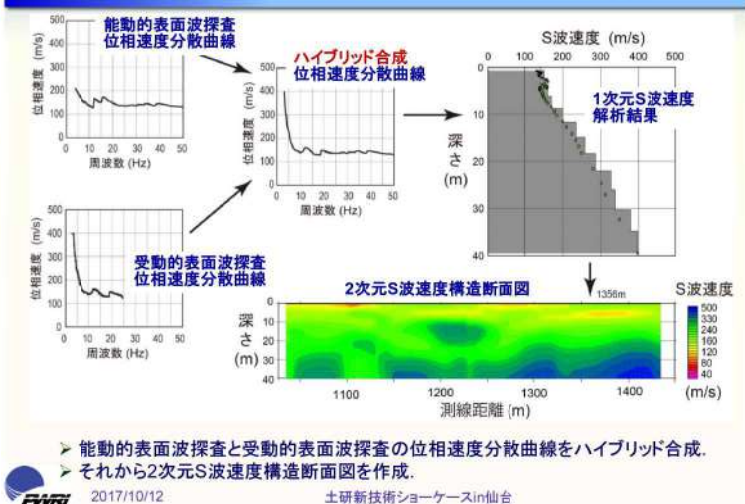
## 1.5.1 能動的表面波探査(片親)の技術的課題



## 1.5.2 受動的表面波探査(片親)の特徴と技術的課題



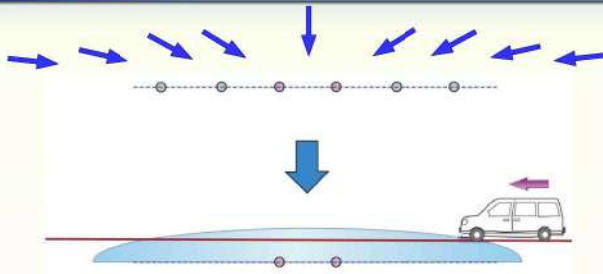
## 1.6 ハイブリッド表面波探査のデータ処理解析過程





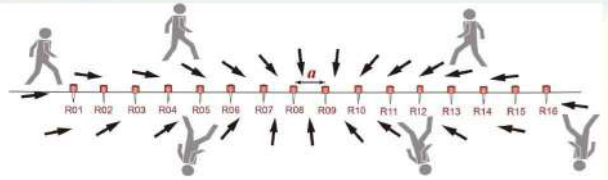
### 1.7.1 交通振動を利用したハイブリッド表面波探査

### 1.7.2 歩行者振動を利用したハイブリッド表面波探査



線上等速移動点震源密度分布

- 道路上をほぼ等速で移動する車両が振動源。
- 測線上の地震計からは、通行車両は遠方に位置する時間が長い。
- 通行車両を遠方の振源と見なすことが可能(95%が入射角5°以下!).
- すべての地震計の組み合わせでも同じ条件。
- 位相速度分散曲線を正確に解析できる。



Making an isotropic wavefields for every stations

Applying two-station SPAC w/o rotating any sensor pair

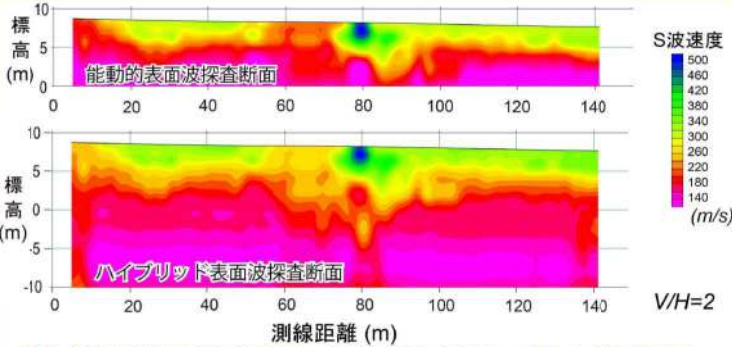
- 任意の地震計ペアに対して車両通行振動と同じく等方な波動場の生成が期待される。

- リニアアレイで2D微動アレイ探査が可能になる。

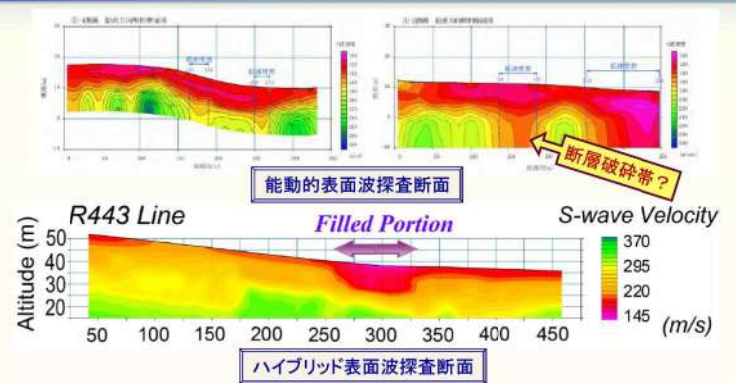
## 2. ハイブリッド表面波探査技術の適用事例

## 2.2 熊本地震被災地での適用事例

### 2.1 従来技術(片親)との比較事例



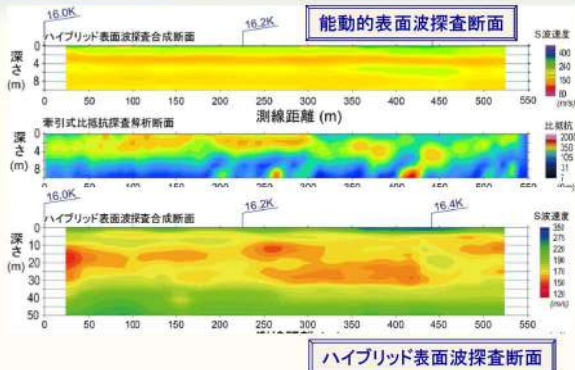
- 従来技術(能動的表面波探査)では路面下10m程度までがイメージング限界。
- ハイブリッド表面波探査では、路面下約20m、地盤内部の物性構造もイメージング可能。



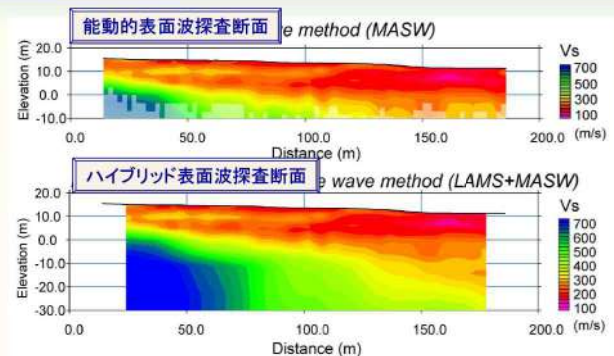
- 従来技術(能動的表面波探査)では路面下10m程度までがイメージング限界であるにもかかわらず、偽像データに引きずられて断層破碎帯を解釈。
- ハイブリッド表面波探査では、路面下約30mまでイメージングし、「底」があることを確認。

### 2.3 揖斐川堤防天端道路での適用事例

### 2.4 断層構造急変部での適用事例



- 従来技術(能動的表面波探査)では路面下10m程度までがイメージング限界。しかし詳細な構造をイメージングできる。
- ハイブリッド表面波探査では、路面下約50mまでイメージングし、深さ10-30m間に低速度(軟弱)層があることを確認。



- 従来技術(能動的表面波探査)では明瞭ではなかった断層による基盤の速度急変部(測線距離70m附近)がハイブリッド表面波探査技術を用いることによって鮮明になった。



### 3.ハイブリッド表面波探査の今後の展開

25

#### 3.1 活動域の拡大

- 河道・ため池、水没堤体、海岸汀線などの水域
- 都市域の実振動マイクロゾーニング

#### 3.2 省力化・作業安全性の向上

- 独立型地震計システムによるワイヤレス計測
- 光ファイバDASを用いたタイムラプス長大区間連続自動観測



(前港空研 渡部氏提供)



(Geometrics社WEB公開資料より)



(Stanford Univ. WEB公開資料より)



(Nordal Seismic社WEB公開資料より)

土研新技術ショーケースin仙台



2017/10/12

### 補:土研保有道路盛土・舗装・河川堤防の現場計測技術

26

#### ■ (非接触)高周波表面波探査技術

- 非接触で舗装を伝播する表面波を捉えるシステムを開発。
- 高次モード表面波分散曲線インバージョン解析によって、舗装構造に加えて物性も推定できる。
- 2Dの断面解析により舗装変状部の物性断面構造解析も可能。

#### ■ 高速多チャンネル精密測位GPR

- 最高で $\pm 0.8\text{cm}$ 精度で測位可能。時速80km高速走査可能。高速移動時にも1m間隔で測位データ受信。
- IMU/傾斜センサ同期で都市域・傾斜地でも測位可能。
- 地表下3m程度までの構造を把握可能。
- 多チャンネル同時受信GPR仕様により3Dで舗装盛土の不均質構造解析が可能。

#### ■ 高速多チャンネル電気探査技術

- 2次元の比抵抗データを1分間隔で繰り返し自動計測可能。
- 3次元の比抵抗データを5分間隔で自動計測可能。
- 不飽和帯への水浸透過程をほぼリアルタイムでイメージング可能。

#### ■ 3次元表示

- 元来3次元の拡がりを持つ実構造を、地表情報だけでなく、地下空間情報を含めて3D表示。空間的な関係を理解することが容易に。
- 位置情報付きデータであり、CIM等への取り込みと活用が容易。



2017/10/12

土研新技術ショーケースin仙台

### まとめ:浅部地盤探査とその調査技術

27

- **土構造物**: 材料・施工時の不均質性が残りやすい。物性構造の局所的異常が安全性に大きく影響。その把握には面的・連続的イメージングが可能な**浅部物理探査**が最適。
- **舗装**: 材料的には均質(層構造)で、負荷は上面からで変状は路面に出現しやすい。逆に内部欠陥(空洞・路床変形)を捉えにくい。全体としての健全度評価には内部性状把握が不可欠。GPR、高周波表面波探査が有用。
- **盛土**: 材料・施工上の不均質性の影響を最も受けやすい土構造物。内部性状把握にはハイブリッド表面波探査等による連続的・面的計測を!
- **地盤**: 元地形、改変地形、風化層厚、基礎地盤表面起伏の空間的把握が重要。経費的に安価で空間的分布のイメージング可能な**浅部物理探査**の活用を!

#### まずは相談を!

- ★ 道路盛土変状箇所詳細調査
- ★ 河川堤防浸透安全性調査
- ★ 海岸浜汀浸食調査
- ★ 補強土壁変状調査
- ★ 道路路面調査
- ★ アースダム健全性調査

#### 問い合わせ先

- 土木研究所つくば中央研究所  
地質・地盤研究グループ 物理探査技術担当  
(TEL: 029-879-0884)  
URL: <http://www.pwri.go.jp/team/geosearch>
- 土木研究所つくば中央研究所 技術推進本部  
(TEL: 029-879-6800)

土研新技術ショーケースin仙台



2017/10/12