

地中レーダ探査技術資料

●チャープ式レーダ探査

地中レーダ探査による空洞探査比較表

探査技術	地中レーダ探査			
	①路面探査車	②パルスレーダ探査	③チャープ式レーダ探査	④連続波レーダ探査
周波数	50～800MHz	350MHz	50～800MHz	5～160MHz
検出物性値	電磁波反射面	電磁波反射面	電磁波反射面	電磁波反射面
原理・概要	路面探査車に搭載した装置を適用し、電磁波(チャープ波)を地中に送信して地中の電磁波反射面を計測する。	電磁波(パルス波)を地中に送信して地中の電磁波反射面を計測する。	電磁波(チャープ波)を地中に送信して地中の電磁波反射面を計測する。探査深度を向上させた技術。	電磁波(連続波)を地中に送信して地中の電磁波反射面を計測する。探査深度を向上させた技術。
探査イメージ				
探査結果イメージ				
空洞検出の適用性	<ul style="list-style-type: none"> ・空洞は、局所的な双曲線状の反応として検出される。 ・空洞や金属物に非常に良く反応する。 ・反射法であるため、埋設物深度や位置の誤差は小さい。 ・小規模の空洞調査に適し、可探深度は深度2m～3m程度。 ・地下水位面以下については、検出が困難である。 ・車に搭載した装置であるため、作業効率が非常に良く、交通規制を必要としない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・空洞は、局所的な双曲線状の反応として検出される。 ・空洞や金属物に非常に良く反応する。 ・反射法であるため、埋設物深度や位置の誤差は小さい。 ・小規模の空洞調査に適し、可探深度は深度2m程度。 ・地下水位面以下については、検出が困難である。 ・小型な装置であるため、作業効率が良い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・空洞は、局所的な双曲線状の反応として検出される。 ・空洞や金属物に非常に良く反応する。 ・反射法であるため、埋設物深度や位置の誤差は小さい。 ・小規模の空洞調査に適し、可探深度は深度2m～4m程度。 ・地下水位面以下については、検出が困難である。 ・小型な装置であるため、作業効率が良い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・空洞は、局所的な双曲線状の反応として検出される。 ・空洞や金属物に非常に良く反応する。 ・反射法であるため、埋設物深度や位置の誤差は小さい。 ・大規模の空洞調査に適し、可探深度も深度5m程度(地盤状況により最大10m程度)。 ・地下水位面以下については、検出が困難である。 ・大型な装置であるため、作業効率が悪い。
可探深度	2m～3m程度	2m程度	2m～4m程度	5m～10m程度
探査幅	2.0m(7ch同時計測)	0.5m(1ch)	0.5m(1ch)	0.5m(1ch)
検出空洞幅	φ0.5m以上	φ0.5m以上	φ0.5m以上	φ2.0m以上
探査費用	低(160万/km):2,000m ²	低(200万/km):500m ²	中(250万/km):500m ²	高(400万/km):500m ²
最終評価(地下2m以内)	◎	○	○	×
最終評価(地下4m以内)	×	×	○	△
最終評価(地下5m以上)	×	×	×	○

・チャープ式レーダ探査

本調査で使用するチャープ式レーダ探査装置は、従来のパルスレーダ装置と電磁波の送信方式が異なる新しい地中レーダ方式である。今回の適用理由となるパルスレーダの問題点、チャープ式レーダ探査の特徴、機器仕様を以下に示す

<パルスレーダの問題点>

- ・パルスレーダ装置は、下図に示したように、送信電磁波の電圧を上げると同時に周波数が低周波数化する。
- ・細かい空洞を探知するには短波長となる高周波数の信号を使う必要があり、探査できる深度を上げるためには信号の電圧を上げることが必要である。この二つが同時に行えないパルスレーダ装置は、分解能力と可探深度の同時確保が行えない。

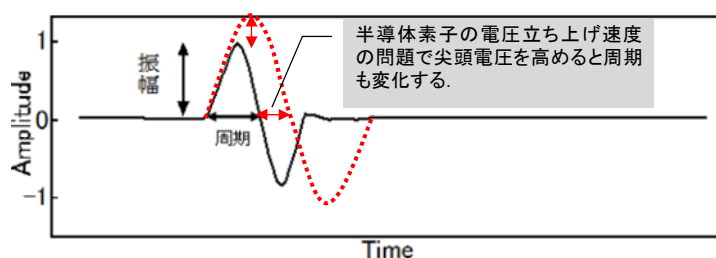


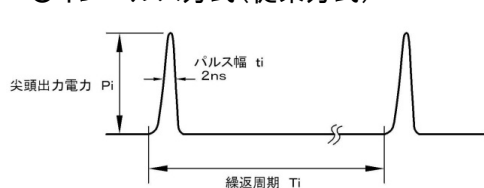
図 インパルス信号の送信方式

<チャープ式地中レーダの特徴>

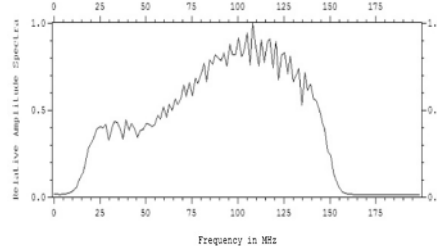
- ・チャープ方式とは、一瞬で広帯域の電磁波を送るパルス方式（上図）に対し、同等帯域の信号を分解して長時間送る方式（下図）。
- ・上記から分解能力に関わる帯域幅を確保しながら信号エネルギーを格段に向上できる。

- ・従来の地中レーダ装置の送信エネルギーを4倍～10倍に増幅可能。探査できる深度は従来方式に対して1.5倍程度となる。砂質地盤で4～5m程度となる。

○インパルス方式（従来方式）

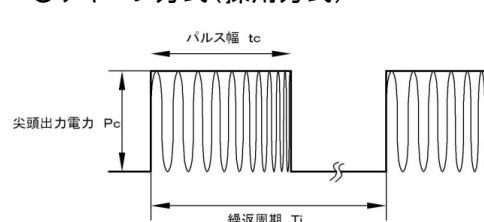


周波数特性



※パルス波のエネルギーは電圧に依存するが、電圧を上げると帯域が狭くなり分解能力が劣化する

○チャープ方式（採用方式）



送信時から周波数に分解して送信

※確保したい分解能力に応じた周波数帯域を、周波数個別に分解して送信できるため、エネルギーを高めても帯域の変化が無い（分解能力確保）

図 チャープ信号の送信方式と特徴

下表に機器仕様、下写真に探査装置を示す。

表 チャープ式レーダ探査仕様

機器名称	仕様	
チャープ式レーダ	型式	KSD-24
	製造番号	S/N 001
	送信周波数	50~800MHz
	出力	500 μ V/m以下 (322MHz未満) 35 μ V/m以下 (322MHz以上)
	精度	± 0.5 ns以下 (± 0.025 m)
	分解能	3.0ns以下 (0.15m)
	表示	10.4インチTFT液晶カラー (65536色) 800×600 (画素密度、距離に同期 (または時間) 表示)
	走査位置	内蔵の距離計による
	収録	ハードディスク (ノートパソコン)
	寸法・重量	1005×710×865mm・59Kg
電源	DC12V (内蔵)	



写真 チャープ式レーダ装置及び測定状況

空洞反応の特徴

- ・双曲線状反応の呈する (構造物の様に大きい場合は異なる)
- ・強振幅を示す (同深度帯で比較すると色調が濃い)。
- ・正極性を示す (反射反応の頂部が白色を示す)。

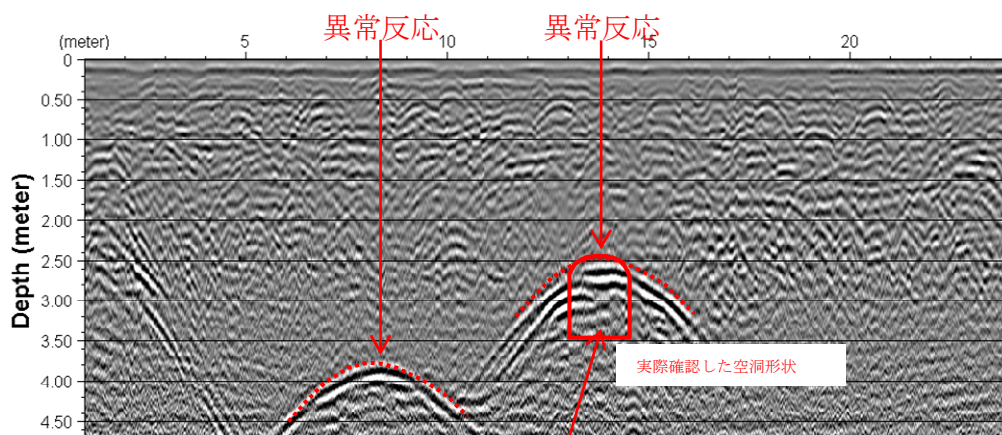
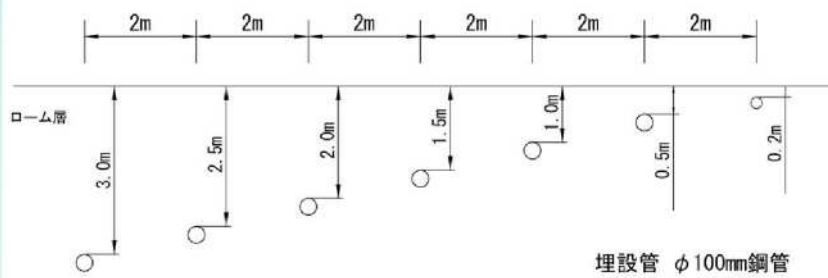
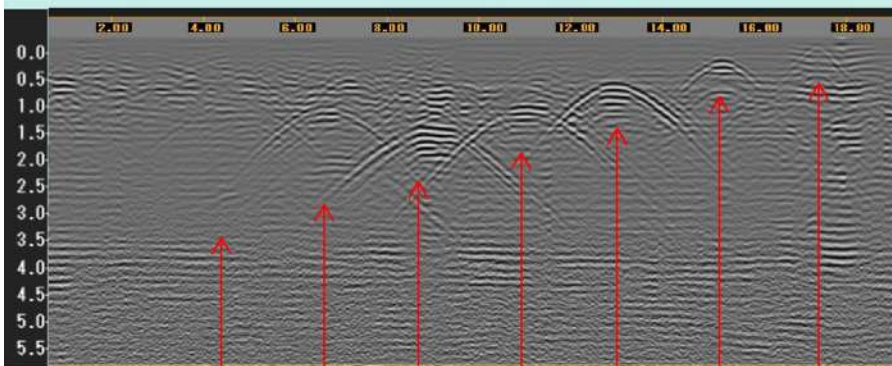


図 空洞検出事例

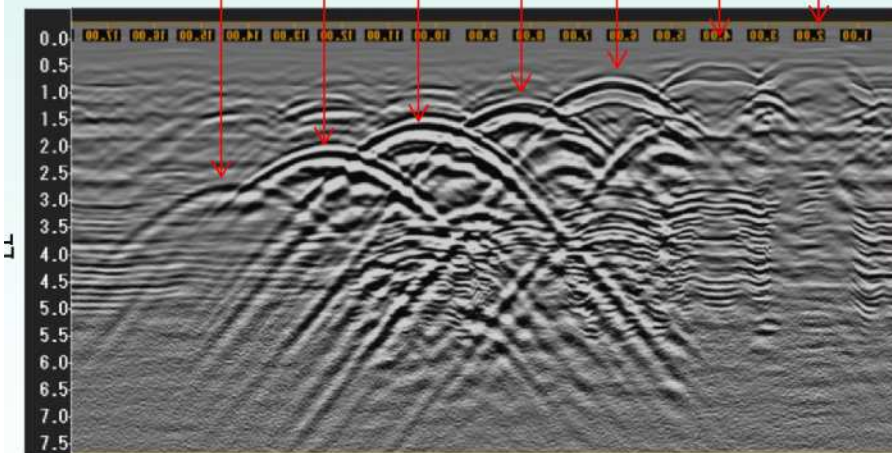
試験フィールド



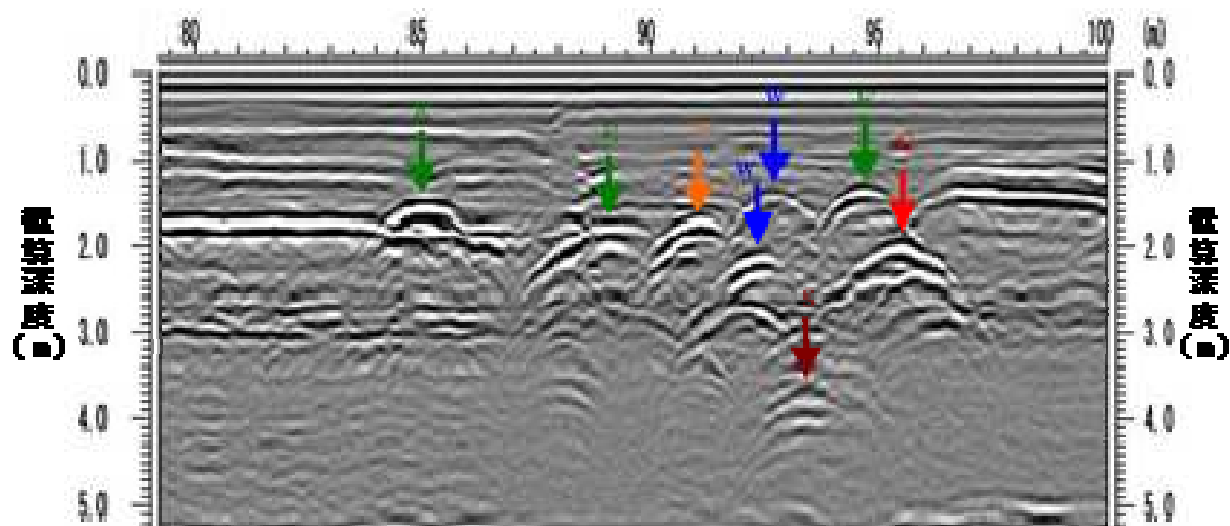
従来技術(インパルスレーダ)



新技術(チャープレーダ)



・埋設物調査事例



電気ケーブル	水産管
径 径：85m	径 径：92.79m
深 度：1.37m	深 度：1.32m
埋地マーク：E	埋地マーク：W
電気ケーブル	雨水・汚水管
径 径：89.15m	径 径：93.6m
深 度：1.74m	深 度：3.64m
埋地マーク：E	埋地マーク：E
NTTケーブル	電気ケーブル
径 径：91.15m	径 径：94.68m
深 度：1.61m	深 度：1.25m
埋地マーク：T	埋地マーク：E
水産管	ガス管
径 径：92.58m	径 径：95.55m
深 度：2.02m	深 度：1.92m
埋地マーク：W	埋地マーク：G