



Title	3. 地震探鉱用室内模型実験装置の試作
Author(s)	高橋, 将; TAKAHASHI, Susumu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 6, 17-23
Issue Date	1958-12-17
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.6.17
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13814
Type	departmental bulletin paper
File Information	6_p17-23.pdf



3. 地震探鉱用室内模型実験装置の試作

高橋 将*

(北大理学部地球物理学教室)

— 昭和33年7月受理 —

I. 序 言

実際の地震探鉱上の問題点を整理するために、野外実験が必要であり、又その問題点に理論的体系を確立させるためには、最終的には数学的表現が必要である。

然るに、地下構造の模型が少し複雑になると、数学的に取扱えない問題が多くなる。

故に室内模型実験が野外実験と数学的取扱いとの中間に欠くべからざるものとなつて来、三者一体となつて研究を進めてゆく事が最も望ましい。

最近、室内模型実験の方法、装置等が実用され得るに至り、従来一つの穴とされていた模型実験の部門の研究が、にわかに行われ始めて来た¹⁾。

地球物理学教室でも長年の懸案であつたこの部門の実験を試みるため、その装置を試作してみた。

II. 試作装置

この装置は原理的には、魚群探知器、超音波測深器等と同じく、電気振動子とその主役を受持つ。

装置は次の8つの部分より成る。

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1) synchronizer, | 2) delay-circuit, |
| 3) single-sweep-generator, | 4) pulse-generator, |
| 5) video-amplifier, | 6) calibration-time-mark generator, |
| 7) oscilloscope, | 8) transmitter receiver. |

これらは次の様に動作する。

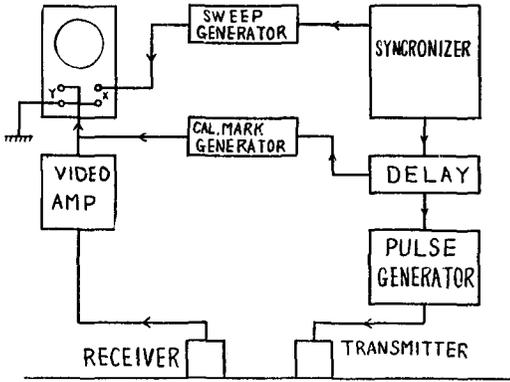
synchronizer は一定周期の同期信号を発生する、これは delay-circuit で適当に遅延され、pulse-generator へ送り込まれ、これによつて pulse-generator が動作し trigger-pulse を発生する。

最後にこれが transmitter の電気振動子を励振し地層の model となるべき物体に impulse を与える。

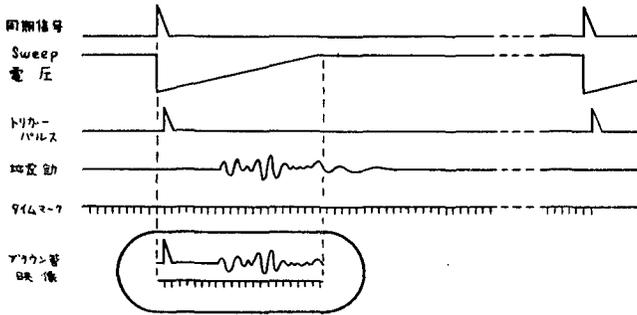
model 地層中に生じた弾性波は層内を伝播し、receiver で受信される。

* 現在北大工学部物理学教室助手

1) KATO, Y. and TAKAGI, A.; Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 5, 7 (1957).



第1図 装置のブロックダイヤグラム



第2図 動作模式図

この信号は、ここで更に電圧に変換され、次に video-amplifier で増巾されて oscilloscope の Y-axis に加えられる。

他方、同期信号は又 single-sweep-generator をも動作させ、鋸歯状波を oscilloscope の X-axis に送り込ませる。

これによつて oscilloscope の螢光面を spot が一回 sweep する。

然るにこの spot は、先に述べた如き Y-axis に加えられた受信波電圧に比例した

変位を受けるので、ブラウン管には一連の受信波形が現われる。

この際 pulse-generator の出力を直接に Y-axis に加える事によつて shot-mark を得る事が出来る。

これらの映像をカメラで撮影記録する。

この操作を transmitter と receiver との間隔を変えて行い、最後に時間目盛を加えれば定められた model 内を伝播する弾性波の記録が得られ、その結果種々の解析を行い得る。

以上の関係を図で説明すると第1図及び第2図に示した様になる。

III. 装置に要求される動作

次に、これらの装置個々について述べる事にする。

1) synchronizer

これは装置全体の動作の時間的統一をはかるための同期信号を発生するものである事は云うまでもない。

但しその性質上種々の外部条件の変動にかかわらず、安定した動作をしなければならないが、現在は手持ちの CR 移相型発振器を用い、200 C.P.S. の矩形波を同期信号としている。

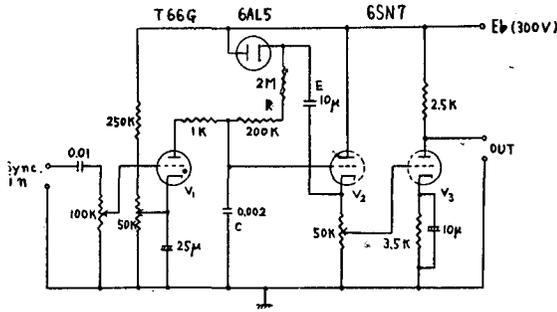
同期信号のくりかえし周期は、transmitter によつて生じた impulse が receiver の位置を通過し終るまでの時間によつて決められるべきである。

尤もこれは用いる model の大きさ材質等を選ぶ事によつて変える事も出来るので、ここでは装置の発振周波数を固定した。

故にこのままでは周期的にくりかえす波形の観測以外には用いる事が出来ない。

したがって、model 地層内を伝播して来た波をブラウン管に静止した像として映し出すにはこの single-sweep-generator が必要である。

これは同期入力があると一つの鋸歯状波を発生し、同期入力が無ければ動作しないものであつて、ここに用いた generator の回路は第 5 図の如きものである。



第 5 図 Sweep generator

これは boot-strap 回路と呼ばれるもので、鋸歯状波の直線性はかなり良い。

V_1 の T66G はサイラトロンで、grid 電圧の変化によつて plate 電流を断続させる一種の electronic switch として用いている。

この管の grid-vias は cut-off 点よりも低くしておく、非導通時には、C は R を通じて E によつて充電されている。

同期信号が入つて V_1 が導通状態になると、C の電荷が V_1 を通じて瞬間的に放電し、C の端子電圧は急激に降る。しかしすぐ V_1 が非導通の状態に戻るため、C は R を通じて再び充電され端子電圧は回復して E に等しくなり、一つの鋸歯状波が得られる。

充電時間は時定数 $C \times R$ で決まるので C 又は R を変化させて鋸歯状波の中を変える事が出来る。

C の端子電圧の変化は cathode-follower 管 V_2 の grid に与えられ、 V_2 の cathode からの出力を V_3 で増中、位相反転して oscilloscope の X-axis に加える。

cathode-follower の性質として、cathode 抵抗が十分大きいと、grid にかかる電圧と cathode の電圧とはほぼ等しくなる。

したがって V_2 の grid 電圧が、どの様に変化しても R の両端にかかる電位差は一定値 E に等しく、R を流れる電流は一定となる。

このために C の充電は時間的に直線的に行われ、鋸歯状波の直線性が良くなる。

写真(5)は鋸歯状波の波形である。

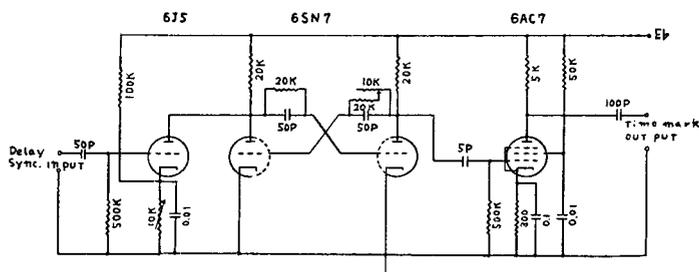
(4) calibration-time-mark-generator

time mark は得られた弾性波形の記録に合せて、波の到達時間を知るためのものであつて、安定な発振器を用いる。

発振器の回路は第 6 図の通りであるが、これは multivibrator 回路を用いたため安定性の点で気がかりではあつたが、思つたほどの誤差もない様である。

しかし、将来これは水晶発振式のものにすべきであると思う。

目盛は写真(6)-a に示す如く、矩形波を微分したものであるが、oscilloscope の Z-axis に加



第 6 図 Cal, Time mark generator

えて輝度変調の方法をとる事も出来る。

発振周波数は 100 KC, 即ち $10 \mu \text{ sec}$ ほどの目盛になる。

これを delay-sync-signal で同期させると, Time-mark と shot-mark が一致するので時間の読み取りの誤差が少なくなる。

5) video-amplifier

model 地層中に発生し, receiver によつて検知される波は, 数 KC から数 MC までの広い範囲にわたっているのので, これを忠実に増巾する増巾器が必要である。

テレビの映像中間周波増巾器は約 4 MC の広帯域増巾器であるが, これと同形式のものを室内模型実験でも用いなければならない。

後述する receiver の出力は, 数 μV から数 $100 \mu\text{V}$ の程度である。故に信号を oscilloscope に加えて, 十分に spot を振らせるためには 100~120 db の増巾度を必要とする。

この様な広帯域の増巾をしようとする場合には, 増巾する帯域巾と利得が次の様な関係にある事を考慮しなければならない。

即ち, 帯域巾を広くとれば利得が減少し, 利得を高くとろうとすれば帯域巾が狭くなると云う事である。

この関係は GB 積 (gain-bandwidth-product) と呼ばれ次式によつて与えられる。

$$\text{利得} \times \text{帯域巾} = \frac{gm}{2\pi C_0}$$

ここに gm は, 真空管の相互コンダクタンス, C_0 は前段真空管の陽極側の電極間容量と次段真空管の入力容量と全漂遊容量との和である。

試作したのは 6AC7-5 段増巾 amp. で, この管の gm は $9000 \mu\text{S}$, 又 C_0 が 30 pF 位あるものとすれば GB 積は 48 となる。

5 段増巾で 100~120 db を得るためには 1 段当り 20~24 db 位が必要となるが, 試作した amp. は 31 db (36 倍) とした。したがつて帯域巾は, $48/36=1.33$ つまり 1.33 MC である。

この様に, gm の高い真空管を用いる場合には, 配線によつて生じた漂遊容量を介して, plate から grid への電流の正帰還によつて発振するおそれがある。

で、これ等を適当に切つて各種の構造を作る。

model は二次元のものであり、理論的には板の厚さはうすければうすいほど良い。

IV. 結 語

以上、今回試作した装置の out line を述べてみたが、装置そのものも極めて初歩的なもので、多くの改良すべき点や根本的に考えなおさなければならない点もある。

これ等は実験を行いながら検討してゆきたいと思つている。

この装置の試作は筆者の地球物理学科卒論（田治米助教授担当）の一部である。

この装置を設計するに当つて東北大学地球物理学教室の加藤愛雄、高木章雄両氏の論文を参照させていただいた。

特に高木氏からは、書面にて種々の御注意をいただいた事を感謝する次第である。

3. Preparation of a set of the apparatus for super sonic model experiments in seismic prospecting.

Susumu TAKAHASHI

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

The set of the apparatus is composed of a synchronizer, a pulse generator, a single sweep generator, a calibration time mark generator, a video amplifier, an oscilloscope, a transmitter and a receiver.

Main part of the pulse generator and the cal. time mark generator are respectively multivibrator circuits. Multivibrator has an advantage of synchronizing any fundamental, harmonic or sub harmonic in put wave. We use the storage battery as power supply in order to remove fluctuation in generated waves.

Synchronizing signals have intervals of $1/200$ sec. therefor a trigger pulse is propagated in model strata every $1/200$ sec.. The frequencies of the cal. time mark generator are decided to be 100 kcps.. The single sweep generator lets by means of the sync. signal the oscilloscope sweep its spot during $1/3000$ sec.. Elastic waves generated in model strata will have various frequencies distributing from several kcps. to several mcps..

In order to get faithful wave forms on the oscilloscope, a video amplifier having very wide frequency range must be used. At present, however, it is the most important to get a large signal to noise ratio on the spot of the oscilloscope.

The transmitter and the receiver are respectively similar barium titanate crystals.

The power supply consists of the two batteries having low impedances; one supplies A source as much as 6 volts and the other supplies B source as much as 100 volts.

The tested results are shown in fig. 1-6.

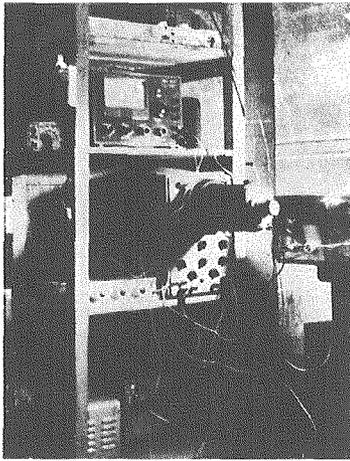


写真1 装置の外観

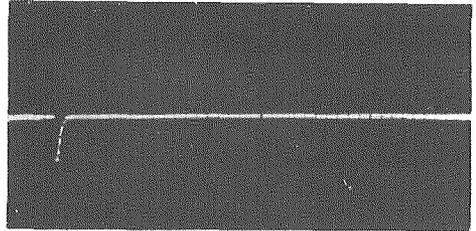


写真4-b Trigger pulse
delay time = 20 μ sec

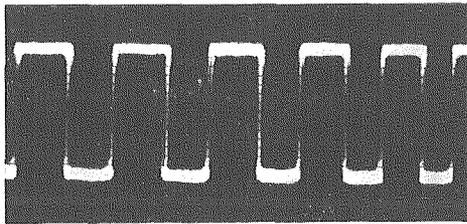


写真2 同期矩形波

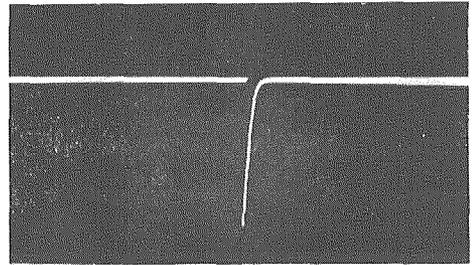


写真5 掃引鋸歯状波

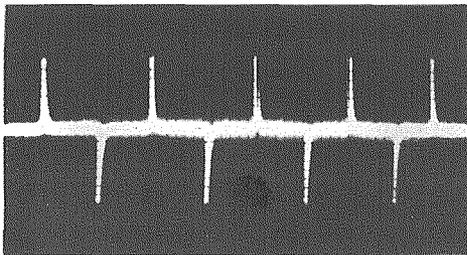


写真3 同期パルス

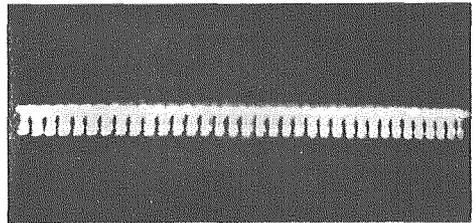


写真6-a Time mark

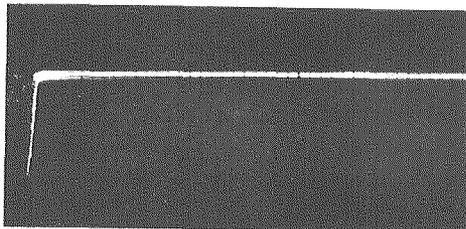


写真4-a Trigger pulse
delay time = 0

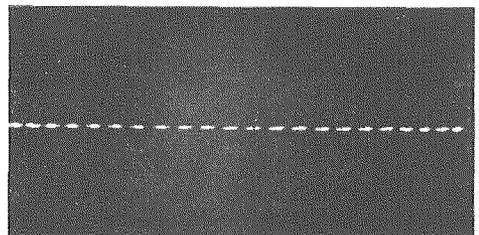


写真6-b Time mark
輝度変調によるもの