

S M A C - B II 型強震計と電磁式

地中地震計の特性検定について

土木研究所資料339号

建設省土木研究所
構造研究室

正 誤 表

頁	行	誤	正
1	6	最大震中	→ 最大振中
3	7	eh 3	→ ch 3
9		(註) 表-1 中, 電氣的スターの直上の線分を消す.	
12		(註) 写真 5 の中, (1-A) と (1-B), (2-A) と (2-B) はそれぞれ SMAC-BII 型地震計及び地中地震計の同時計測の記録である.	
20		図中, <u>right and left movement</u> を消す.	
		“(a) は左右動, (b) は前後動に対する特性を示す”を消す.	
21		“(a) は左右動, (b) は前後動に対する特性を示す”を消す.	
71		図 5-51	→ 図 5-50

要 旨

SMA C-B II型強震計と地中地震計の特性検定を行ない，次の結果を得た。

(A) SMA C-B II型強震計

- (i) 動的特性は理論的特性と似た傾向を示す。この両特性から，この地震計は約 3 cps以下の周波数領域において加速度計として動作し，他の周波数領域では，速度計又は変位計としての動作をする。
- (ii) 周波数領域が 3 cps以下の場合，即ち，加速度計領域において，振動台への入力加速度と，強震計の記録振巾は比例しない。このことは，仕様書の感度を用いて記録振巾を読んだ場合，真の値よりも小さく見積る恐れがある。

(B) 地中地震計

- (i) 0.5～20 cpsの周波数領域で，この地震計は加速度計として動作し，他の周波数領域では，速度計又は変位計として動作する。
- (ii) 加速度計として動作する上記周波数領域で，記録振巾と入力加速度とはほぼ比例する。

以 上

KEY. WORD

強震計特性検定

SMAC-B II型強震計と電磁式地中地震計の特性検定について

構造研究室

§ 1. 緒 言

近年、各地に強震計が設置され、多くの強震記象が得られるようになり、地震工学及び地震学に貴重な情報が提供されるようになった。この得られた記象から、その最大震巾を測定して最大加速度を推定している。又は、その波形からスペクトルを調べることもされ、すでに多くの研究が発表されている。

しかし、これらの情報がどのような制限をもっているかを知らなければ、われわれはこれらの情報から誤った判断をおろしかねない。地震計については、その設計にあたって、理論的な特性を求めることが出来る。とは言え、実際の地震計製作にあたっては、その製作過程において、最初の設計に対する誤差が入りこみ、理論的特性と、実際に製作された地震計の特性は必ずしも一致しない。故に、観測された波形を精密に解析するには、理論的特性でなく、実際にその地震計の特性を計測し、その結果を波形解析に用いなければならない。

現在までのところ、強震計の検定がなされたということを、正式に聞いていない。たゞ製作会社作製による仕様をたよりに加速度を推定しているのではないかと思われる。

構造研究室では昭和41年度に松代地震観測のため、千曲川の落合橋附近に地中地震計を埋設することになり、保坂振動計器製作所製の地中地震計 MTBH-5C型を、上下動地震計1成分と、水平動地震計2成分の計3成分に改造したものを3台購入した。また、ほとんど時を同じくして、明石製作所製の強震計 SMAC-B II型を購入したので、昭和42年2月末、この両地震計を同時に振動台にのせて両者の特性を比較検定する機会を得た。その結果を以下に報告する。

§ 2. 検定に使用した地震計及び計器

検定に使用した地震計及び計器は次のとおりである。

- (1) 振動台 (明石製作所製)
- (2) 強震計 (明石製作所製 SMAC-B II型, 製作番号: SMAC140185)
- (3) 地中地震計 (保坂振動計器製作所製 MTBH-5C改良型)
- (4) 電磁オシログラフ (三栄測器株式会社製)
- (5) 任意波発生装置

振動台は、水平方向のみの成分をもち、最大変位振巾は3cmであり、正弦波は勿論、任意波をもその人力とすることができる。この装置は電子回路により、振動加速度及び周波数を規定することができる。この電子回路による制御が振動台の実際振巾とどの程度の違いがあるかを、正弦波につき台の振巾を測定して検定した結果、電子回路制御による指示値と、台の振巾と周波数から得られる加速度はよい一致を示したが、波形は、20 cps 附近からくずれだし、上下動も派生しはじめた。故に、

この振動台の信頼出来る範囲は 0 cps から 20 cps であると思われる。写真 1 に、この振動台の制御部及び台の全ぼうを示す。

強震計 SMAC — B II 型の外見は写真 2 に、内部については、写真 3 に示してある。表 1 はその仕様である。

地中地震計は、電磁式地震計であるので、電磁オシログラフにその出力を接続して、記録はブロマイドに記録するようになっている。電磁オシログラフに使用したガルバノメーターは固有周波数 100 cps の三栄製 G — 100 型で臨界制動で使用し、感度は $30 \frac{mm}{mA}$ である。地中地震計の外見は写真 4 に、その仕様は表 2 のとおりである。

任意波発生装置は、振動台に任意波形を加えるのに使われ、その記録は写真 5 に示してある。

§ 3. 検定方法

検定方法を大別すると、2 種類になる。それは、

- (1) 静的方法 及び
- (2) 動的 method

である。強震計の場合、(1) の静的方法は、強震計全体を傾斜させ、 G (重力加速度) の見かけの変化を用いることによって検定することができる。(2) の動的方法は、強震計を直接振動台にのせ、振動台を直接振らせることにより検定することができる。

今回は、(2) の動的 method により検定を行なった。強震計即ち加速度計の検定では、加速度(A)、記録振巾(T)、周波数(F)の相互関係を調べればよい。この検定に使用した振動台は、§ 2 で述べた如く、加速度及び周波数を直接出来る指示計器の値と、この実験に先だって行なわれた振動台の検定の結果、20 cps までは、振動台の指示計器の指示値が正確であることがわかった。故に、この検定では、全ての加速度及び周波数は振動台の指示計器による指示値を使用した。又、この検定で測定した記録振巾は全振巾をそのまま測っているもので、以下に振巾といった場合は全振巾を示していることに注意されたい。

上記、 A 、 T 、 F の相互関係を調べるためには、次の 3 種類の関係について調べればよい。

- (1) A を一定にして T と F との関係
- (2) T を一定にして A と F との関係
- (3) F を一定にして A と T との関係

理想的加速度計について上記関係を図示すると、(1) は、図 1 に示す如く、任意の加速度について、周波数に無関係に一定の記録振巾を示す。(2) は図 2 に示す如く、任意の記録振巾について、周波数に無関係に一定の加速度を示す。(3) は図 3 に示す如く、任意の周波数について、比例関係を示し、全ての周波数に対する値は 1 つの直線になる。(1)、(2) の場合は、加速度及び記録振巾はそれらが大きくなるにしたがって、それらの直線は矢印の方向に移動する。また(1)の関係が満足されれば(2)は必然的に満足され、逆に(2)が成立すれば(1)は必然的に満足されるものである。

§ 4. 検定結果

SMAC — B II型と地中地震計を同時に振動台にのせ、任意の加速度に対して振動数を変えて、そのときの記録振巾を読むという方法をとった。そのときの測定結果は、SMAC — B II型については、表3に示したとおりであり、表4には地中地震計の結果を示した。表3の中で、前後動、左右動というのは、SMAC — B II型を正面から見た場合の動きであり、表4の成分は、同時に3個の地中地震計について検定しているので、各地震計に2成分の水平動地震計が入っているところから、全体では6個の水平動地震計について検定している。故に、表4中でch 2とeh 3, ch 5とch 6, ch 8とch 9は、それぞれ同一の地中地震計に含まれているものである。§ 3.検定方法のうち、A, T, Fの相互関係で、(2)のTを一定にしてAとFとの関係を調べるのは、(1)の関係を調べることと同じであるので、こゝでは、(1)と(3)の場合について調べた。

図4にSMAC — B II型についての振動台の加速度の大きさと記録振巾の大きさとの関係を示す。これは周波数を固定して加速度を変えていったものである。図中の点は測定点、破線は測定点から推定される特性である。仕様書から判断される特性は、加速度を示す周波数についての特性が実線で示した特性を示さなければならない、換言すれば、加速度を示すどの領域の周波数で検定しても実線の上にのらなければならない。

地中地震計についても同様のことを行なった。図5にその結果を示す。図中の点は測定点、実線は仕様書から求めた理想的な特性である。破線は測定点から推定される特性を示す。図6は、各成分毎に図5の破線をまとめたもので、仕様書から得られた特性を実線で示してある。

図7は、SMAC — B II型強震計について加速度を一定にして、周波数を変えていった場合の記録振巾の変化の状態を示したものである。図中、点は測定点を示し、破線は、その測定点から推定される特性を示している。実線は、仕様書から得られた特性を折線によって近似したものを示す。又、点線で示された部分は、計器の特性上検定出来なかった部分である。細い実線は、仕様書によって求められた各加速度に対する記録振巾を示している。

図8は、同様に、地中地震計に関して、一定加速度の場合に、周波数を変えたときの記録振巾の変化を調べたものである。図中の線分によって結ばれた点は測定点、太い実線は仕様書から得られた特性を折線によって近似したものを示す。細い実線は、仕様書によって求められた各加速度に対する記録振巾を示す。

上の各図に示した、地震計の特性の折線近似についてその見方を簡単に説明しておく、これらの図は、横軸に周波数、縦軸に利得、即ち、記録振巾を示してある。この記録振巾は加速度の大きさを示すものであるから、周波数に対する加速度特性を示している。故に横軸に平行な線分で示される周波数領域においては、記録は加速度を示している。即ち、地震計は、その周波数領域においてのみ加速度計といえるのである。実線のうち、+1の勾配をもった線分で示される周波数領域においては、もはや加速度を示さず、その記象は加速度記象を微分したものを示す。又、-1の勾配をもつ線分で示される周波数領域においては、地震計は速度型地震計として働き、もはや加速度計ということは出来ない。したがって、その周波数領域における記象は速度記象である。最後に、-2の勾配をもつ線分

で示される周波数領域においては、地震計が変位地震計となっていることを示している。以上簡単に、地震計の周波数特性を折線近似した場合についての解釈の仕方を述べたが、これはあくまでも近似であることに留意されたい。

§ 5. 考 察

以上に検定した結果を述べた。これらの結果について以下に考察を加えてみることにする。

まず、SMA C-B II型強震計について、図4の周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係から、図中の各周波数に対する両者の関係は、ほぼ等しい勾配をもって、当然のことながら周波数が高くなるにしたがって、仕様書から得られた理想的な直線からのずれが大きくなり、3 cps のみがかろうじて満足される状態を保っている。

図7に示されたSMA C-B II型強震計の記録振巾と周波数との関係は、普通の意味での特性曲線である。この図は、振動台の各加振加速度について求めたものであるが、そこに同時に示した仕様書をもとにして得られた近似特性曲線とのずれは、加速度が大きくなるにしたがって大きくなる。このずれの大きさは、記録振巾が加速度に比例しないことを示している。このことを実際の記録で調べるため、加速度をかろうじて示していると思われる3 cps の資料を例にして、25 gal で4.3 mm（左右動）及び4.2 mm（前後動）を基準にして、それぞれの加振加速度と記録振幅の関係を示せば、表5の如くなる。これは、周波数が同じでも、加速度記録振巾は、入力加速度に比例しないため、3 cps 以下の周波数の場合でも、振巾からたゞちに加速度を求めると、大きな誤ちをおかす危険があることを示しているように思われる。

この周波数一定で、加振加速度を変えた場合について、地中地震計について調べてみたのが表6であり、満足し得る結果が得られた。しかし、地中地震計の場合は各図からわかるように、各成分により、その特性の違いが大きい。これは、製作過程の精度によって導入されたものであろう。又、地中地震計の特性図で、20 cps 以上で測定点のバラツキが大きいのは、前述した如く、地震計によるものではなく、振動台が入力信号以外の雑振動を誘発しているためと考えられる。このことはSMA C-B II型強震計の上下動地震計が顕著な動きを示したことから推定される。したがって、地中地震計の特性で、20 cps 以上の周波数領域においては、地中地震計の特性を忠実に示しているとは思えず、この検定では、その領域に対する地中地震計の特性を明らかにすることが出来なかった。又、固有周波数がほぼ5 cps 以下の地震計では、経験上、20 cps 又は30 cps 以上の周波数で、地震計の構造上の面からいくつかの共振点のようなものをもつものがあるようである。その場合、これらの周波数附近では特性がみだれるのは当然であるが、今回検定に用いた地中地震計が、そのような共振点をもつかどうかは、すでに振動台に雑振動が発生しているように思えるため、検定出来なかった。

§ 6. 結 論

SMA C-B II型強震計及び地中地震計の特性を検定し、その結果について考察した。以下に得ら

れた結論を述べる。

(A) SMA C-B II型強震計

(i) 仕様書から理論的にその特性を求めることが出来るが、検定の結果からも、定性的には理論的特性と似た傾向を示している。この理論的特性及び今回の動的な検定からも明らかなように、加速度計として動作するのは、約 3 cps 以下の波動の場合だけで、それ以上の周波数の場合は、速度計又は変位計として動作する。

(ii) 入力周波数が 3 cps 以下であっても、入力加速度と記録振巾は比例しない。今回検定に用いられた強震計のみがこのような特性を示したのかどうかは、他の同機種種の強震計について同様な検定を行わなければ不明であるが、今回の検定では、入力加速度と記録振巾とは表 5 にみられるような関係を示している。故に、仕様書の感度を用いて記録振幅から機械的に算出される加速度は、実際の加速度の値より小さくみつえられる恐れがある。

(B) 地中地震計

(i) 仕様書から得られる特性から、加速度計として動作するのは、0.5 cps から 50 cps までであるが、振動台が 20 cps 以上で雑振動を誘発するため、又、地中地震計が共振周波数をもつかどうかいまの段階では不明のため、今回の検定で明らかにされた 0.5 cps から 20 cps までを加速度計として動作する周波数範囲と考える。

(ii) 個々の成分の特性の違いが顕著である。これは製作過程でより以上の精度をあげることにより改善されるであろう。

(iii) ch 2 の地震計について、5 cps の入力の場合に、加速度と記録振巾との関係を調べた結果、両者はほぼ比例関係を示している。この比例関係は、0.5 cps から 20 cps までの任意の周波数で検定を行なっても成り立つと思われる。

§ 6. 結 語

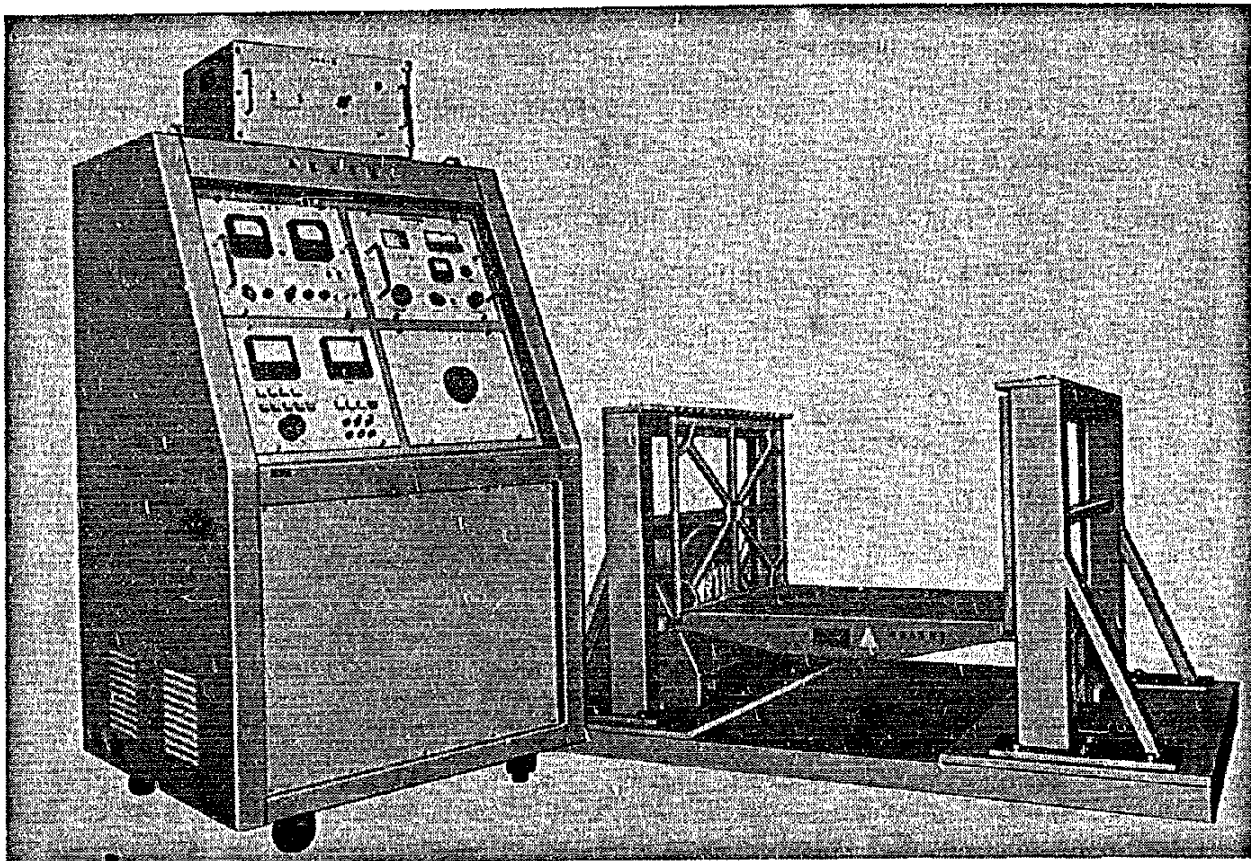
この検定は、たゞ 1 台の SMA C-B II型強震計と 3 台の地中地震計についてのみ行なったので、この結果が同型の地震計全てにあてはまるものではないと思われるが、傾向としてはほぼ同じようなものであろう。

地震計が、その固有周期と地動周期との関係で、加速度計、速度計、変位計のいずれにもなりうることから、周期又は周波数を考慮せずに、得られた地震記象を取扱うことは禁物であると同時に、必ず特性曲線を求めておかなければならないことが、この検定からもあらためて強く示唆されるであろう。

昭和 43 年 3 月

構造研究室

大	久	保	忠	良
寺		島		敦
山		崎	和	江



写真一 1 検定に使用した振動台

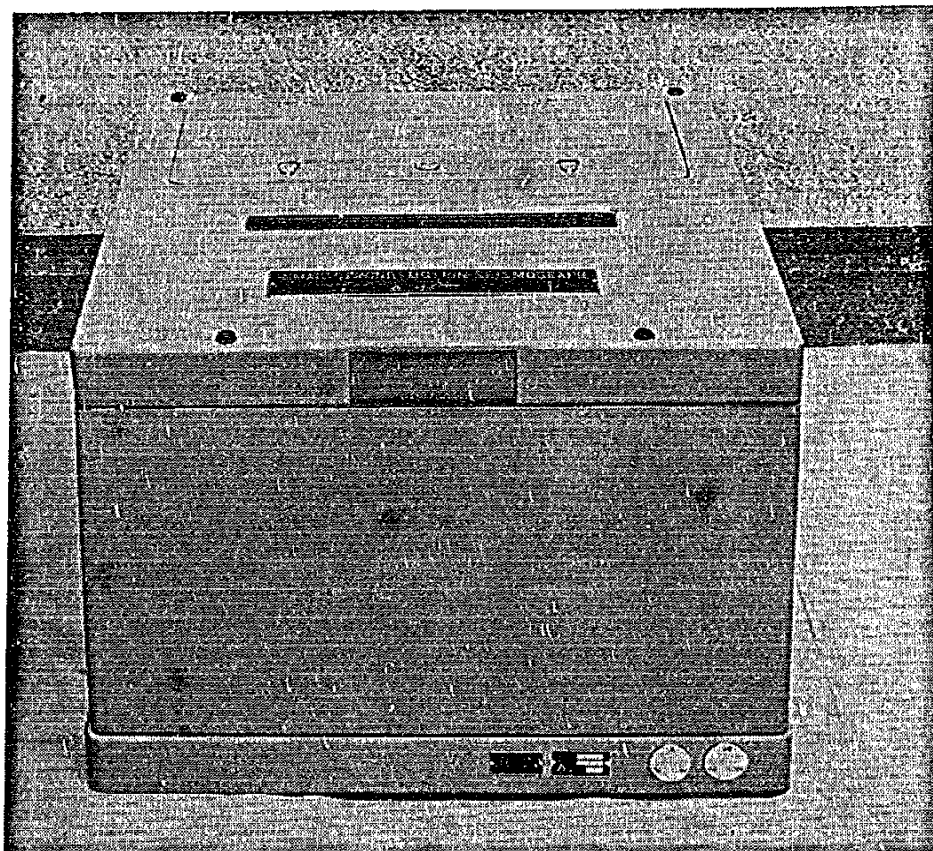


写真-2 SMAC-B II型強震計

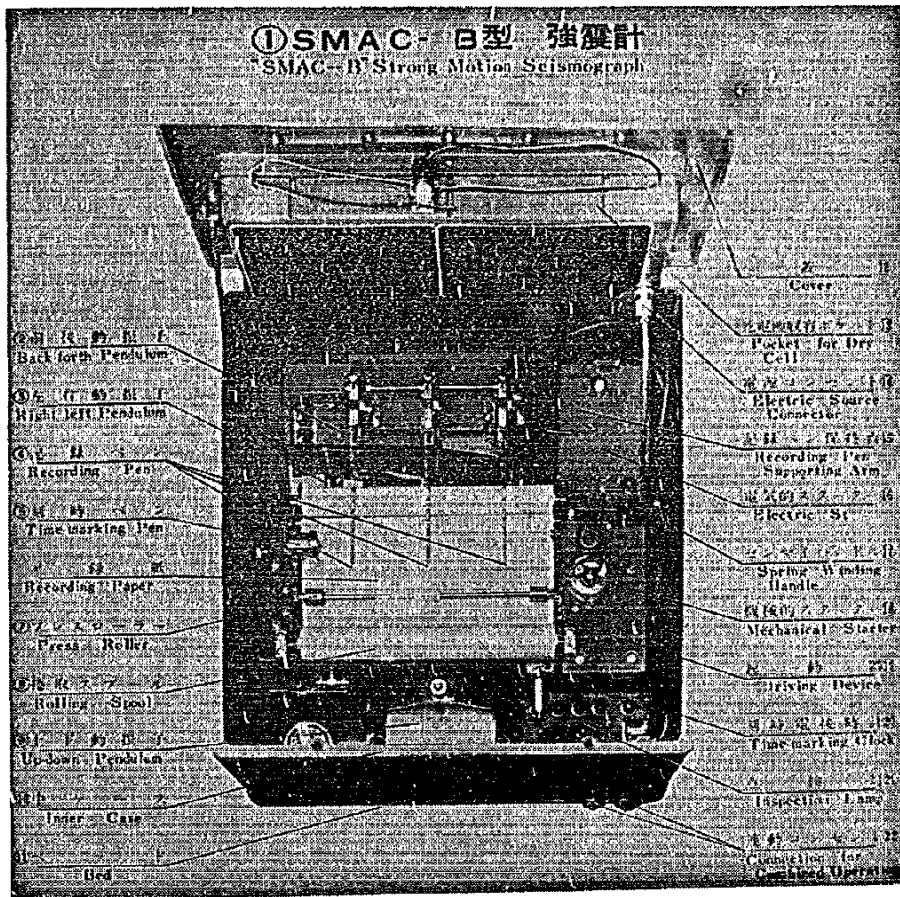
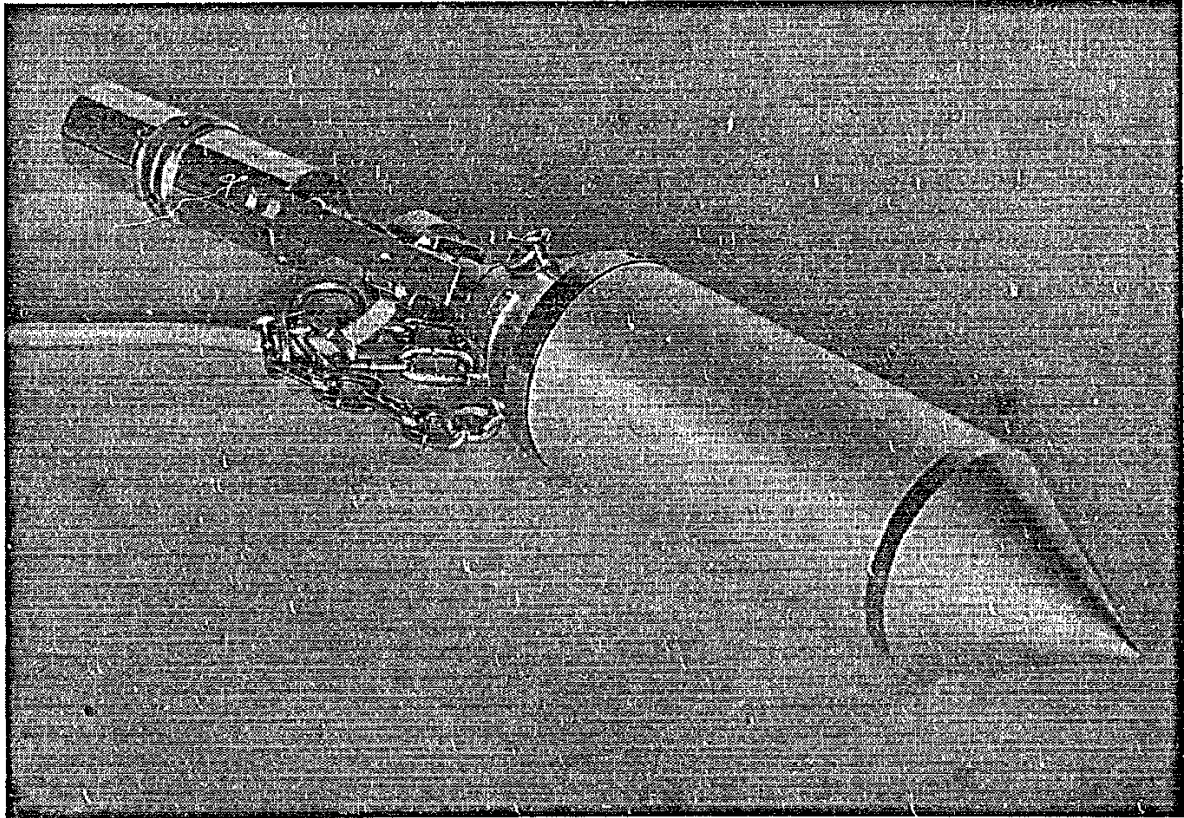


写真-3 SMAC-B II型強震計内部

表-1 S M A C - B II 型強震計仕様

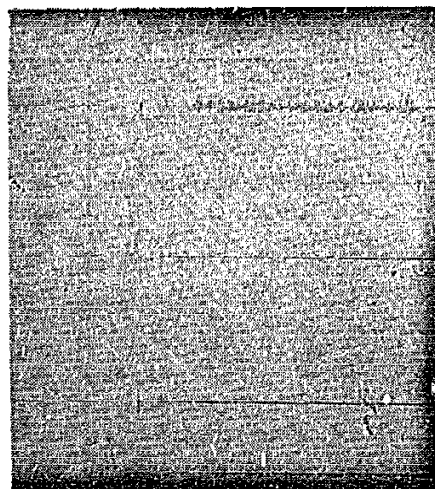
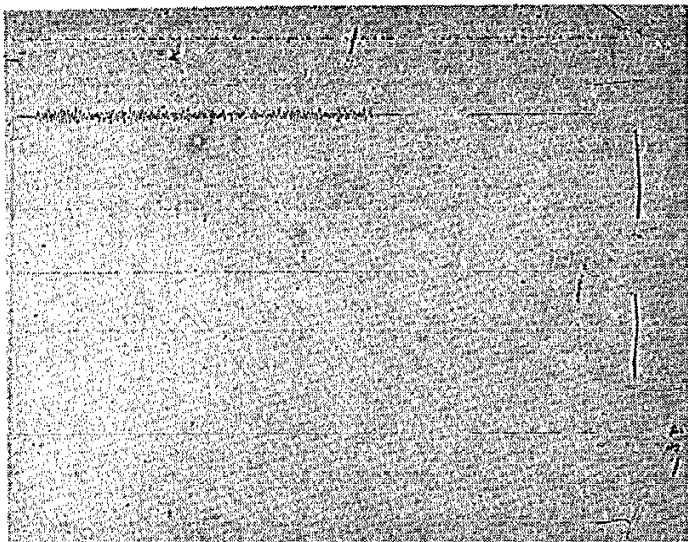
部 名	方 式 及 摘 要	
振 子	3 成 分 型 加 速 度 計	
	固 有 周 期	0.14 sec
	感 度	記録紙上 12.5 gal/mm
	減 衰 度	臨界減衰
	記 録 範 囲	6 gal ~ 500 gal
	幾 何 倍 率	16倍
記 録 装 置	記 録 紙	スタイラスペーパー
	送 り 速 度	10 mm/sec
	記 録 ペ ン	サファイヤーペン
動 力	手捲センマイ式ガバナー調速	
	運 転 時 間	1動作約 3 min. 5回動作
機械的スターター	感 度	100 gal
	上下成分型地震計	
電 氣 的 ス タ ー タ ー	固 有 周 期	0.3 sec
	感 度	5 gal
	付 帯 装 置	感度調整装置・自動接点
		間隙調整装置
刻時電接時計	天府式 刻時時間	1 sec
準備点検装置	パイロットランプ及びブザーで点検指示	
電 源	乾電池 4 個 平角 5 号 (FM-5)	
ケ ー ス	アルミ合金鋳物	
型状寸法及重量	巾 540 mm × 長 540 mm × 高 370 mm 重量約 100 Kg	



写真—4 地中地震計

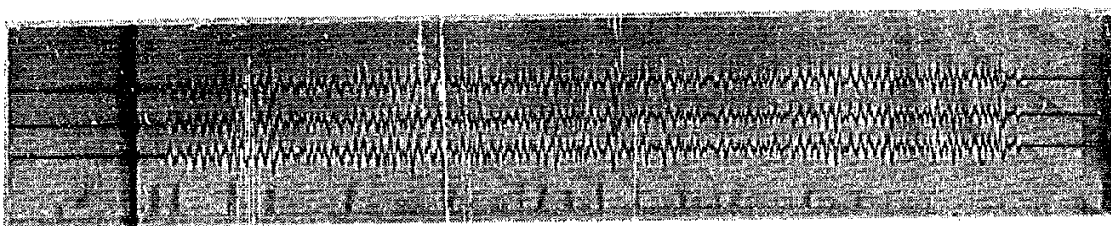
表-2 地中地震計MTBH-50改良型

成 分 数	水平動 2. 上下動 1.
型 状 寸 法	90 mm ϕ $\times$ 450 mm
重 量	15 Kg
固 有 周 期	5 cps
感 度	3 gal / mm (注) (三栄製ガルバーG-100使用 臨界制動における感度にて使用) (30 mm / mA)
コ イ ル 抵 抗	90 Ω
h	15. (油使用)

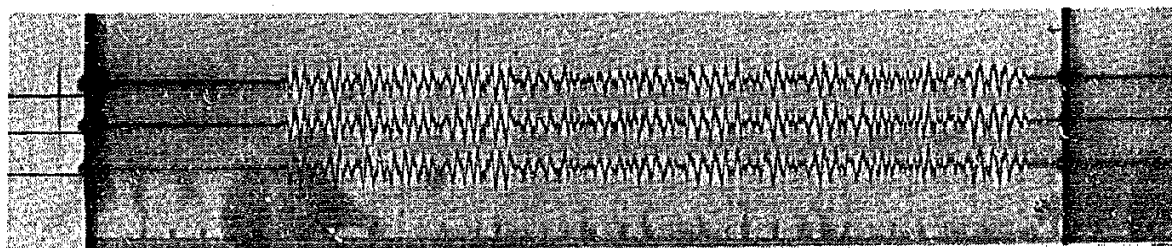


(1-A) S M A C の記録 (最大振幅は 5 cps, 50.6 gal を示す)

(2-A) S M A C の記録 (最大振幅は 5 cps, 54.4 gal を示す)



(1-B) 地中地震計の記録 (最大振幅は 7.5 cps, 107 gal を示す)



(2-B) 地中地震計の記録 (最大振幅は 5 cps, 90 gal を示す)

(註) これらの加速度は、原記録から直接読取った値である。

写真 5-1 任意波形記録

写真 5-2 任意波形記録

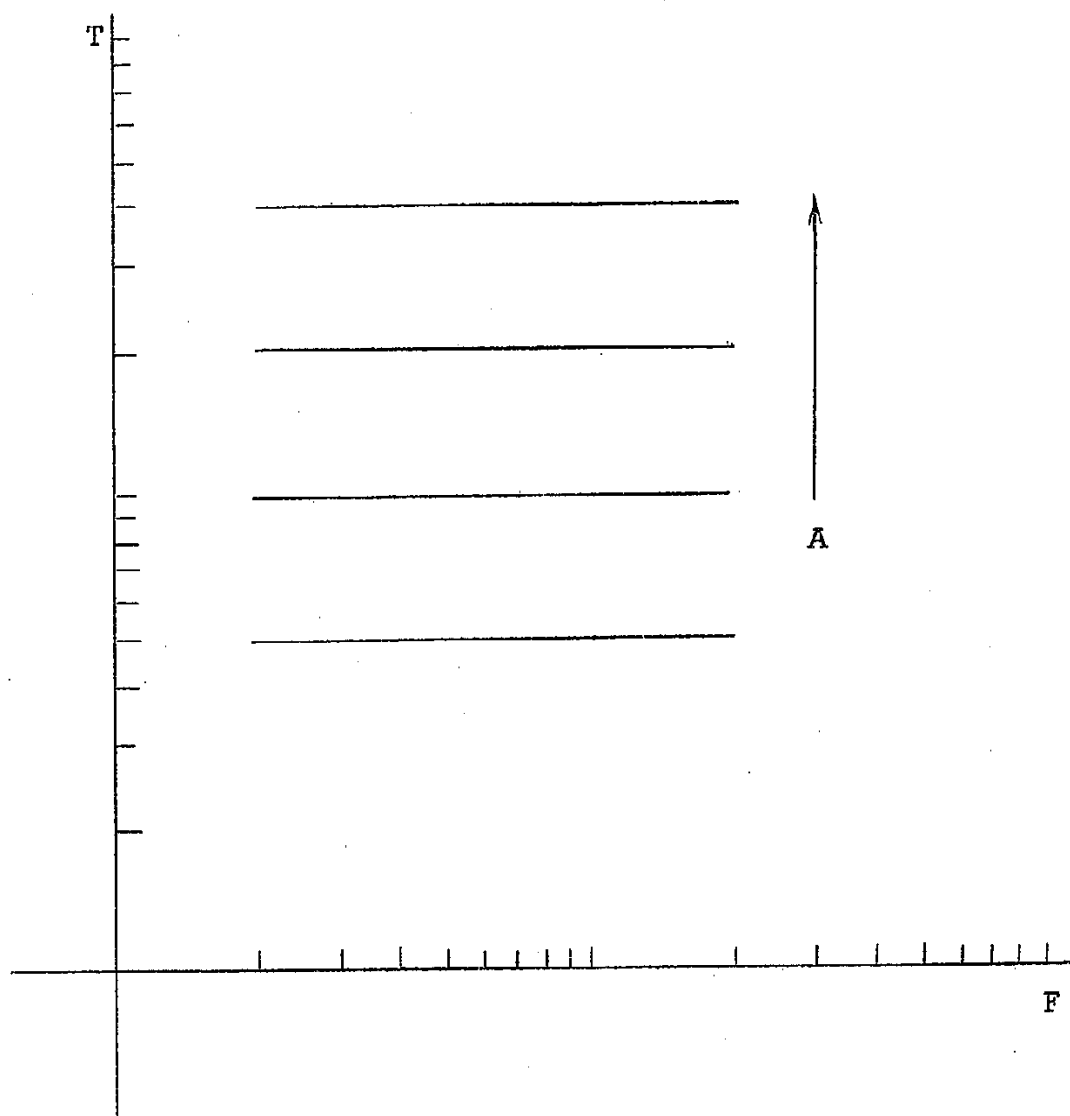


図1 理想的な加速度計の特性（加速度を固定した場合の記録振幅と周波数との関係）

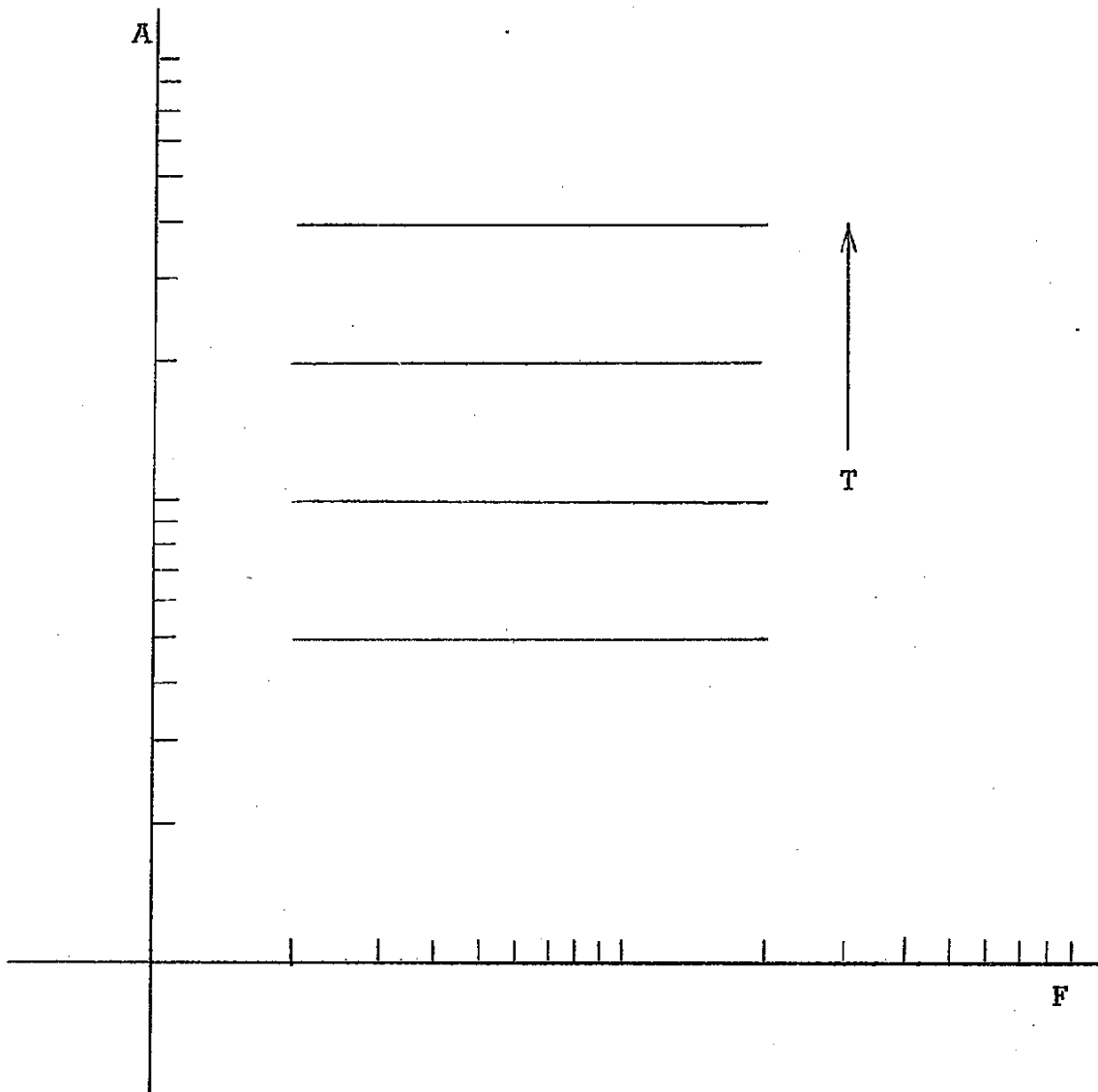


図2 理想的な加速度計の特性（記録振巾を固定した場合の加速度と周波数との関係）

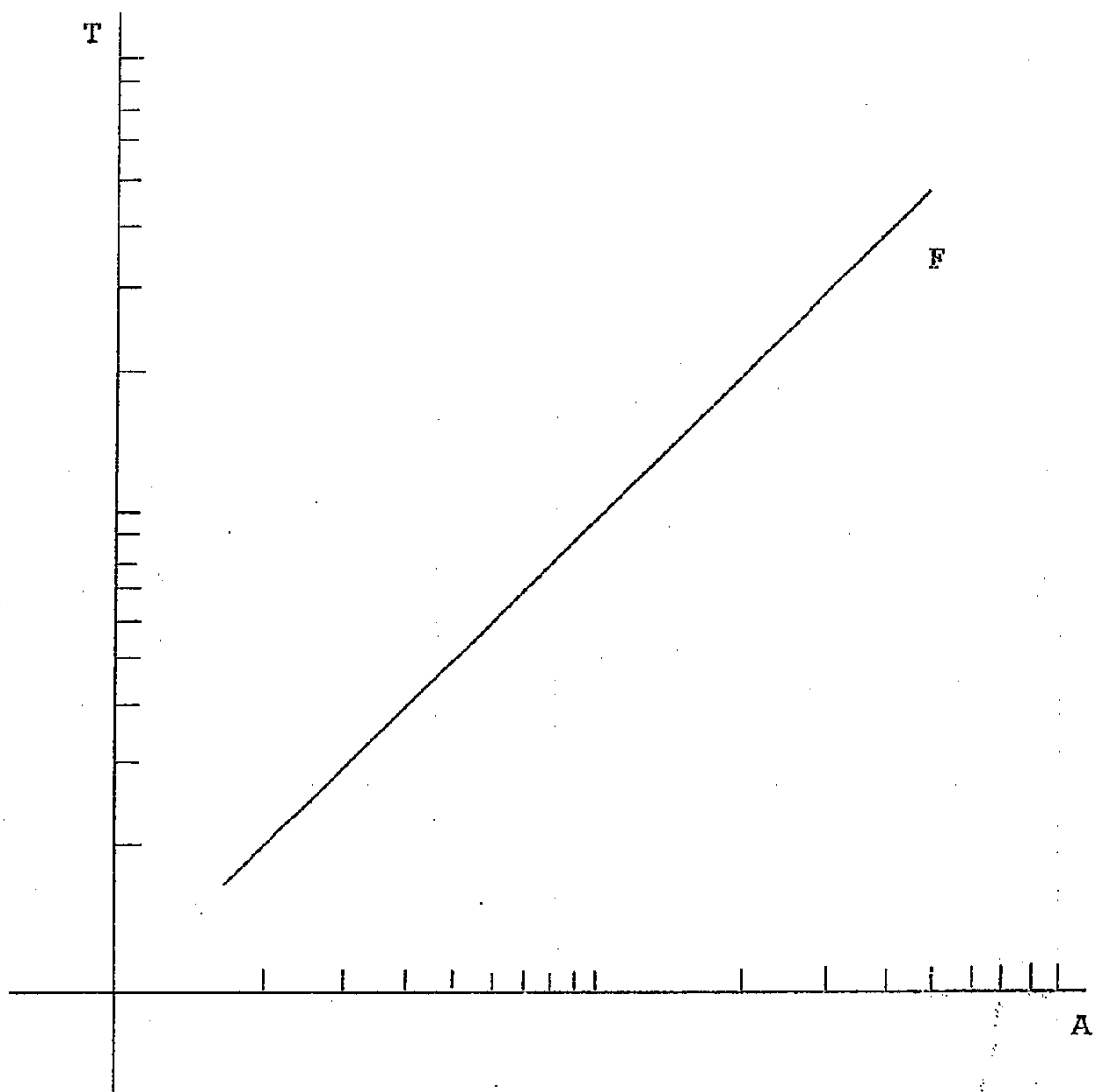


図 3 理想的な加速度計の特性（周波数を固定した場合の記録振幅と
加速度との関係）

表-3 S M A C - B II型強震計の特性測定結果

前後動

gal \ cps	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
25	4.0			4.2		3.5		2.5			1.7		0.6
50	8.2			7.5		5.7		4.5			3.2		1.2
75	12.3			8.8		8.4		6.15			4.5		1.9
100			16.0		12.0		8.8		6.8		5.5		2.5
150				20.5		14.3		10.8			7.8		3.85
200				26.0		18.4		13.9			10.25		5.25
300				37.0		25.5		19.25			14.5	10.5	8.0
400				47.5		33.5		25.7			19.5	13.65	10.5
500				57.8		40.7		30.8			23.2	16.7	13.25

左右動

gal \ cps	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
25	4.4		4.7	4.3	4.0	3.4	3.0	2.6	2.3	1.9	1.75	0.9	0.6
50	8.5		8.6	8.0	6.9	6.0	5.0	4.5	3.9	3.3	3.0	1.8	1.2
75	13.0		12.4	11.5	9.35	8.0	6.8	6.0	5.3	4.70	4.3	2.7	1.9
100		17.3	17.0	14.3	11.8	10.1	8.7	7.5	6.5	5.85	5.35	3.3	2.5
150				19.4		13.5		10.3			7.4	5.5	3.75
200				26.0		17.5		13.3			9.5	6.8	5.9
300				35.0		23.7		18.0			13.15	9.5	7.5
400				46.0		30.5		23.3			16.9	12.4	10.0
500				54.0		37.0		27.0			20.5	15.6	12.8

単位: mm

表 4-1 地中地震計の特性測定結果

25 gal

Freq	ch. 2	ch. 5	ch. 8	ch. 3	ch. 6	ch. 9
1	17.0	16.2	14.1	16.0	14.1	17.0
2	18.3	18.0	16.0	—	—	—
3	18.1	17.7	16.0	17.2	16.0	18.8
4	19.2	19.0	17.1	—	—	—
5	19.0	18.4	16.9	19.3	18.0	20.8
6	19.5	19.0	17.3	—	—	—
7	19.0	18.9	17.5	17.9	17.5	19.8
8	19.6	19.6	18.5	—	—	—
9	18.8	18.2	17.8	—	—	—
10	19.5	19.9	19.1	17.5	18.1	19.5
15	19.2	19.8	19.9	—	—	—
20	21.9	23.8	25.0	18.7	23.0	21.5
30	14.0	21.9	27.2	13.0	23.4	23.5
40	24.7	36.2	36.8	20.0	31.0	28.0
50	16.1	25.0	23.0	14.3	23.2	21.0

単位：mm

50 gal

Freq	ch. 2	ch. 5	ch. 8	ch. 3	ch. 6	ch. 9
1	31.7	30.5	26.7	33.1	29.5	35.1
2	34.3	33.2	29.8	—	—	—
3	34.5	33.0	29.6	34.3	31.4	37.1
4	34.7	33.0	30.5	—	—	—
5	36.0	34.6	32.1	34.9	33.7	38.3
6	35.5	34.1	32.0	—	—	—
7	37.2	35.8	34.0	35.0	34.9	38.4
8	37.0	35.7	34.5	—	—	—
9	36.4	35.2	34.3	—	—	—
10	37.3	36.4	35.9	36.0	37.6	39.9
15	38.0	39.6	40.6	—	—	—
20	38.9	42.2	45.0	35.1	43.5	40.6
25	39.0	47.2	50.6	—	—	—
30	40.0	43.8	40.1	25.0	44.3	45.0
40	48.8	69.4	69.2	41.0	61.6	56.0
50	31.0	47.0	41.4	28.2	46.6	41.6

単位：mm

表 4-2 地中地震計の特性測定結果

75 gal

Freq	ch. 2	ch. 5	ch. 8	ch. 3	ch. 6	ch. 9
1	51.0	48.0	43.2	48.9	44.4	51.9
2	53.4	50.7	45.6	—	—	—
3	56.1	54.3	49.5	54.0	49.5	57.9
4	55.2	54.0	50.4	—	—	—
5	57.0	55.5	51.3	54.6	52.5	60.0
6	56.1	54.0	50.7	—	—	—
7	57.0	56.1	52.8	54.0	53.7	57.6
8	58.2	57.3	54.3	—	—	—
9	57.9	57.3	54.9	—	—	—
10	60.0	57.6	58.8	53.7	57.0	60.6
15	60.3	63.0	63.0	—	—	—
20	62.7	67.2	10.5	55.8	67.2	63.6
30	42.0	66.6	80.7	41.7	68.4	68.7
40	78.6	112.5	114.6	66.0	98.4	89.7
50	48.0	74.1	67.8	42.6	67.8	61.8

単位: mm

100 gal

Freq	ch. 2	ch. 5	ch. 8	ch. 3	ch. 6	ch. 8
1.5	66.6	65.1	57.0	—	—	—
2	69.0	67.8	60.0	69.9	63.0	74.4
3	69.0	66.6	60.6	—	—	—
4	71.4	68.7	63.0	71.1	66.0	76.2
5	72.0	68.7	63.3	—	—	—
6	74.1	70.8	67.5	72.0	69.0	78.0
7	73.5	71.4	68.1	—	—	—
8	74.4	72.0	69.0	71.4	72.0	77.4
9	75.6	72.6	70.5	—	—	—
10	76.2	73.8	72.3	72.0	75.0	78.3
15	78.3	79.8	81.3	—	—	—
20	78.0	87.0	92.1	72.9	89.7	83.1
25	93.0	108.9	115.8	—	—	—
30	99.3	99.0	87.6	52.2	90.6	90.0
40	131.4	184.8	185.1	87.0	129.0	117.9
50	71.4	108.0	94.8	59.1	93.0	84.6

単価: mm

表 4-3 地中地震計の特性測定結果

150 gal

Freq	ch. 2	ch. 5	ch. 8	ch. 3	ch. 6	ch. 9
3	103.8	99.0	90.0	106.5	98.4	115.8
5	106.2	102.6	93.9	108.0	102.0	116.7
7	113.4	109.8	104.7	107.7	107.1	117.9
10	112.5	110.7	107.1	105.3	111.0	116.1
15	117.0	120.0	123.0	—	—	—
20	117.9	129.3	136.5	108.0	133.2	123.9
30	125.4	135.3	123.0	74.7	134.7	135.0
40	156.9	221.7	—	130.5	194.1	177.0
50	98.4	147.9	129.9	87.9	138.6	126.6

単位: mm

200 gal

Freq	ch. 2	ch. 5	ch. 8	ch. 3	ch. 6	ch. 9
3	140.7	141.0	127.8	144.0	132.6	153.9
5	147.0	142.5	131.4	144.0	137.7	156.0
7	151.2	146.7	138.3	146.1	144.0	158.4
10	152.4	150.0	146.4	144.9	150.6	159.9
15	158.4	163.5	165.9	—	—	—
20	186.6	203.7	210.3	147.0	178.2	165.3
30	170.7	188.1	173.4	94.2	173.7	178.8
40	70.5	98.4	99.0	180.9	213.6	—
50	39.9	59.4	52.5	117.0	185.4	168.3

単位: mm

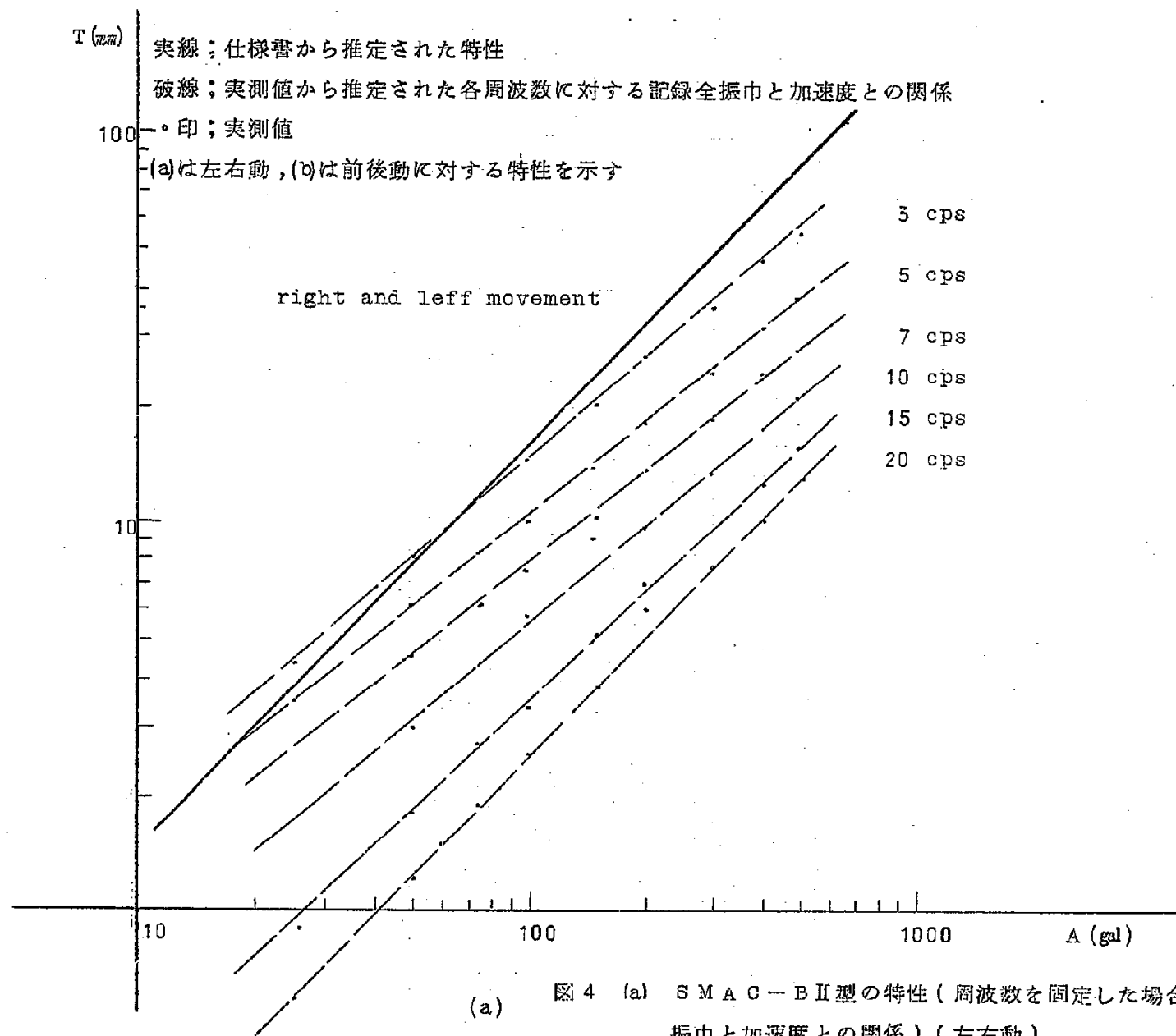


図 4. (a) S M A C - B II 型の特性 (周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係) (左右動)

T (mm)

実線：仕様書から推定された特性

破線：実測値から推定された各周波数に対する記録全振巾と加速度との関係

・印：実測値

(a)は左右動, (b)は前後動に対する特性を示す

100

10

3 cps

5 cps

7 cps

10 cps

20 cps

10

100

1000

A (gal)

(b)

図4 (b) S M A C-B II型の特性(周波数を固定した場合の

記録振巾と加速度との関係)(前後動)

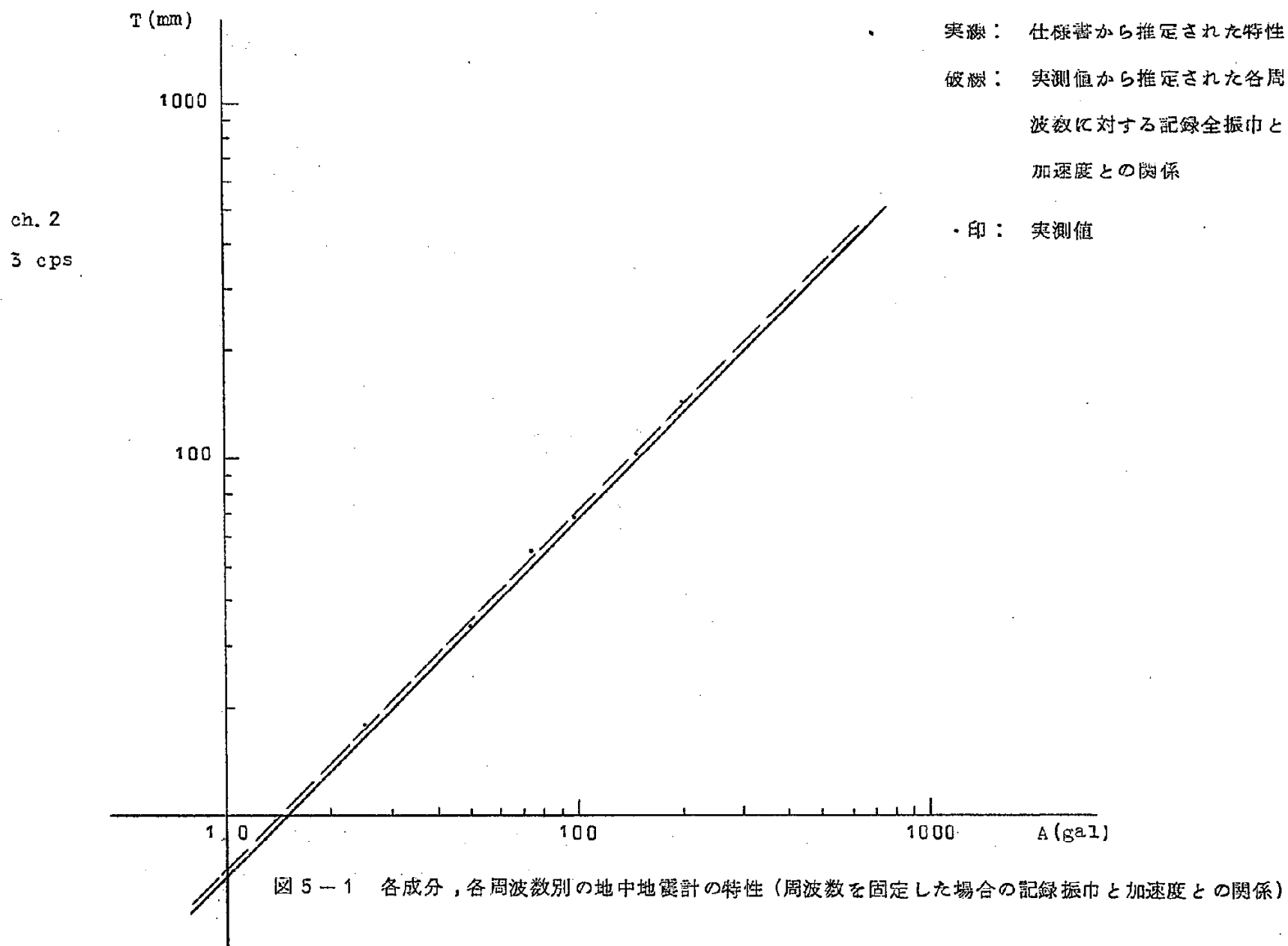
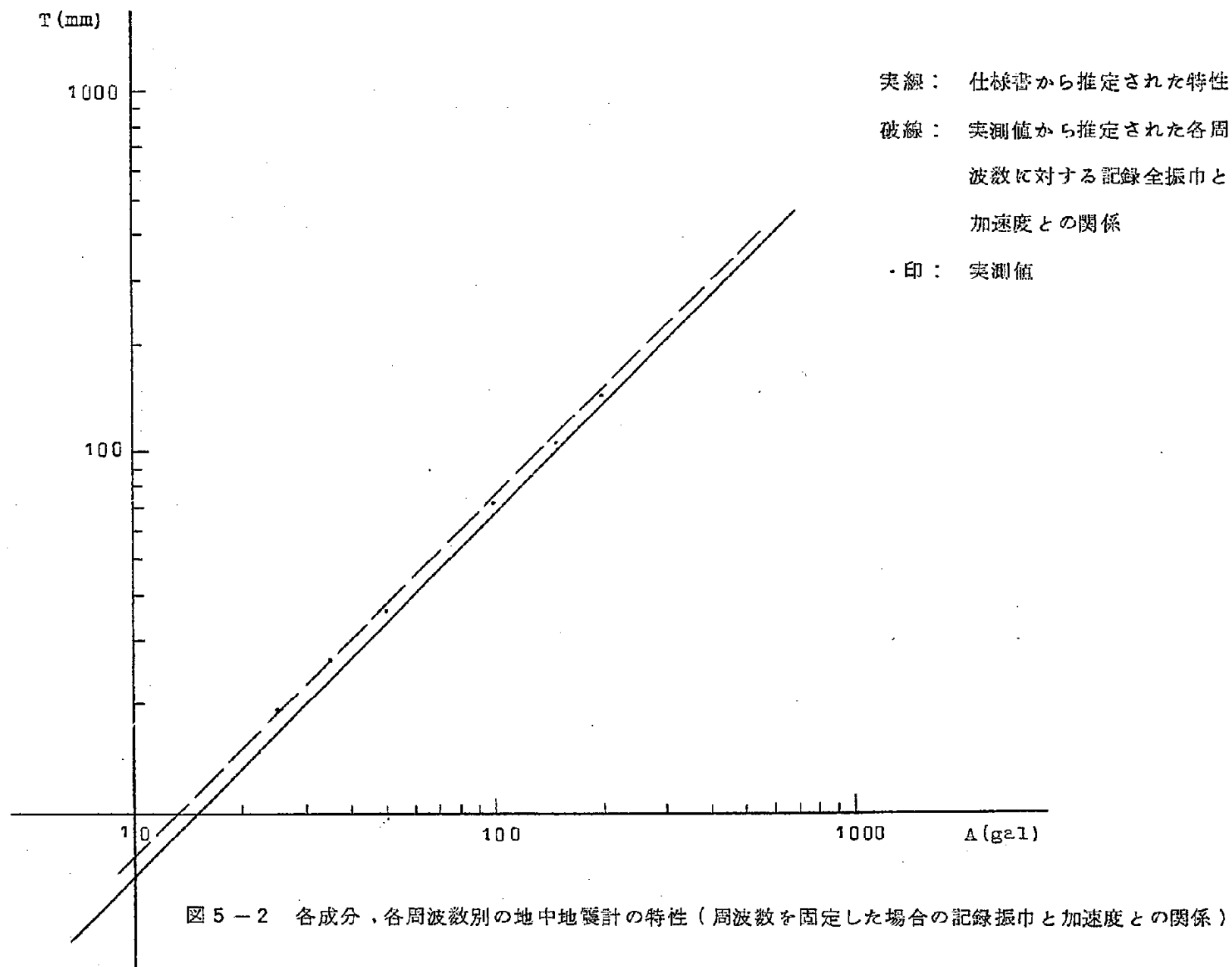


図 5-1 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 2
5 cps



ch. 2
7 cps

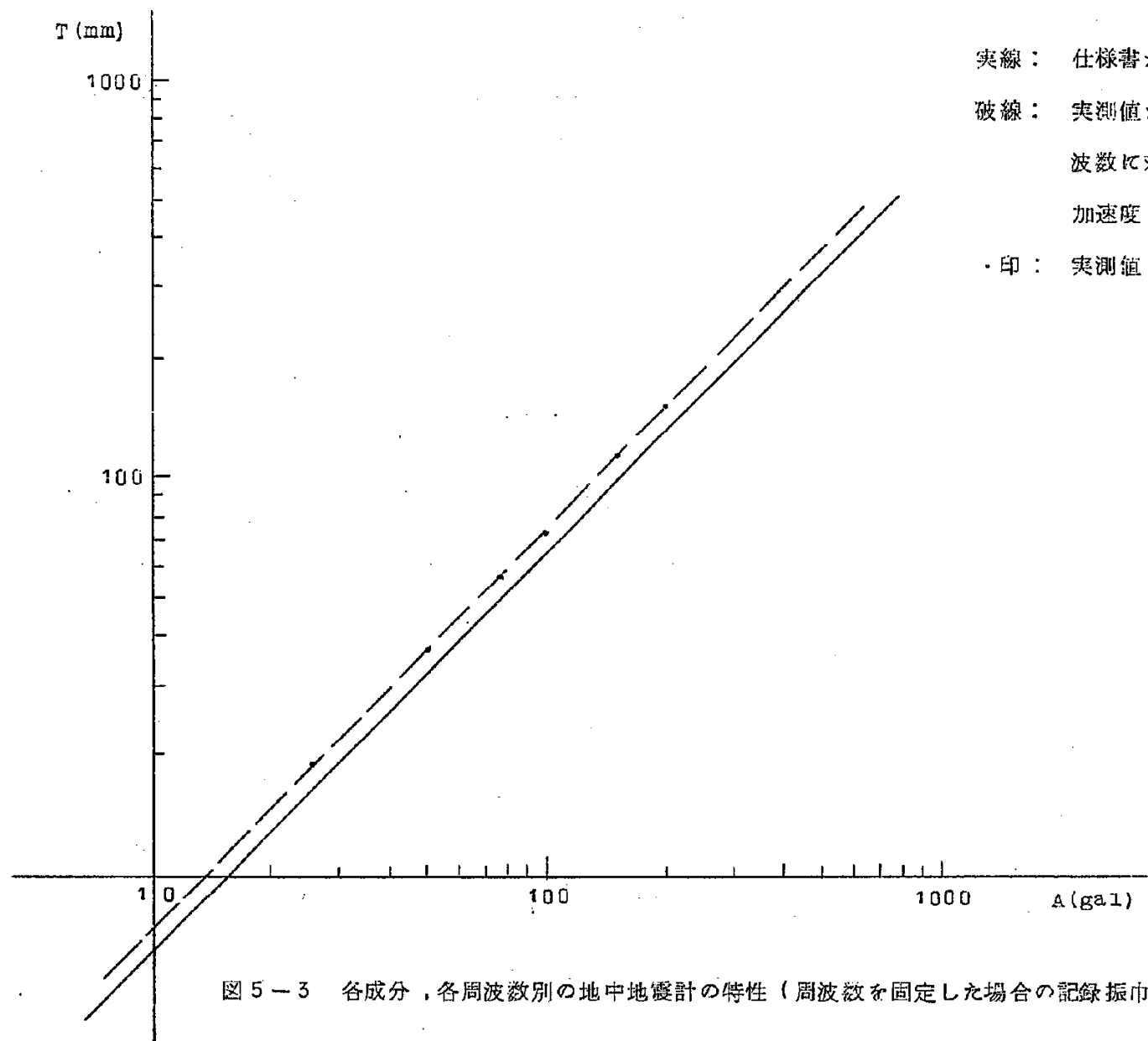


図 5-3 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 2
10 cps

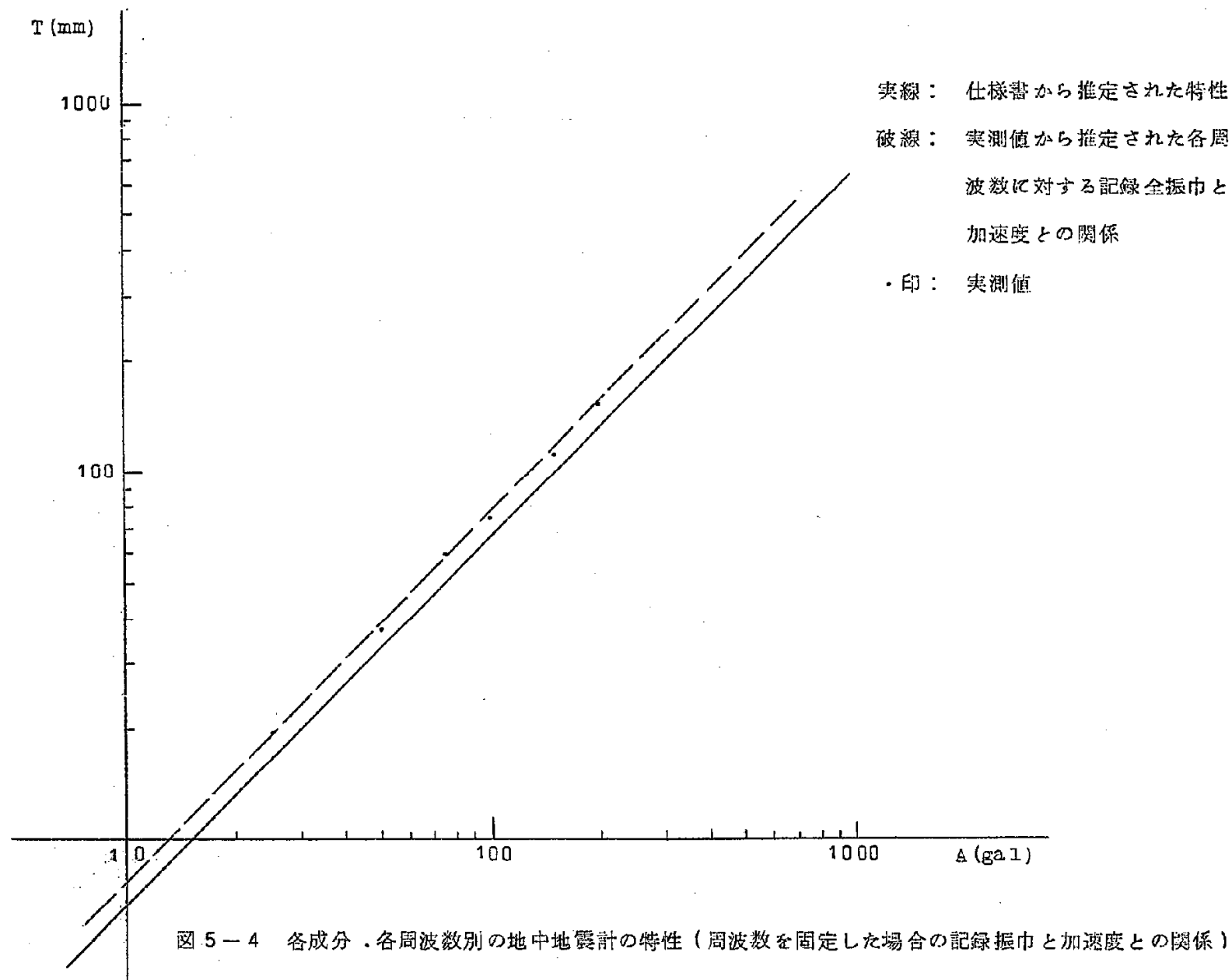
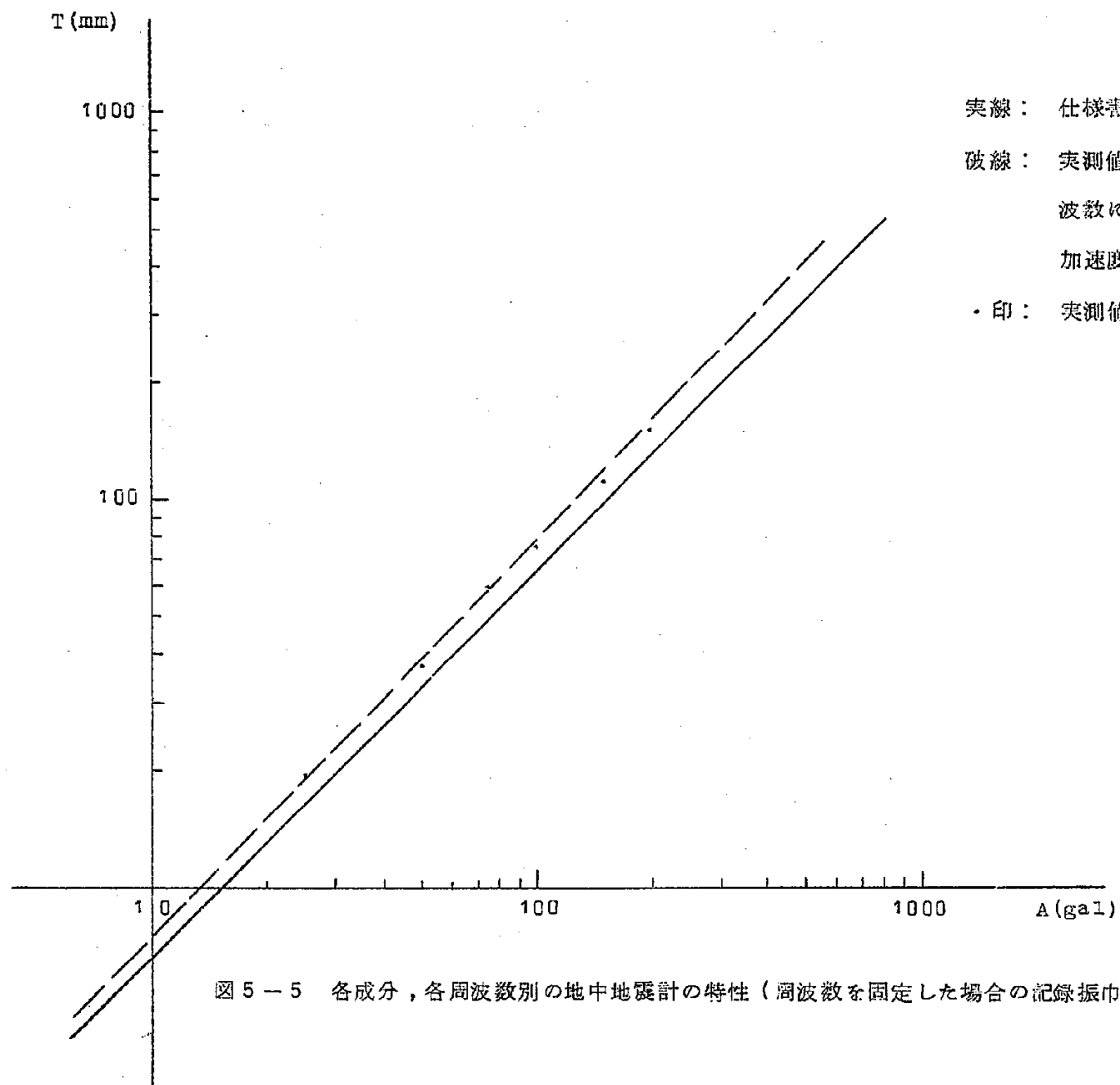


図 5-4 各成分・各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 2
15 cps



実線：仕様書から推定された特性
破線：実測値から推定された各周
波数に対する記録全振巾と
加速度との関係
・印：実測値

図 5-5 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 2
20 cps

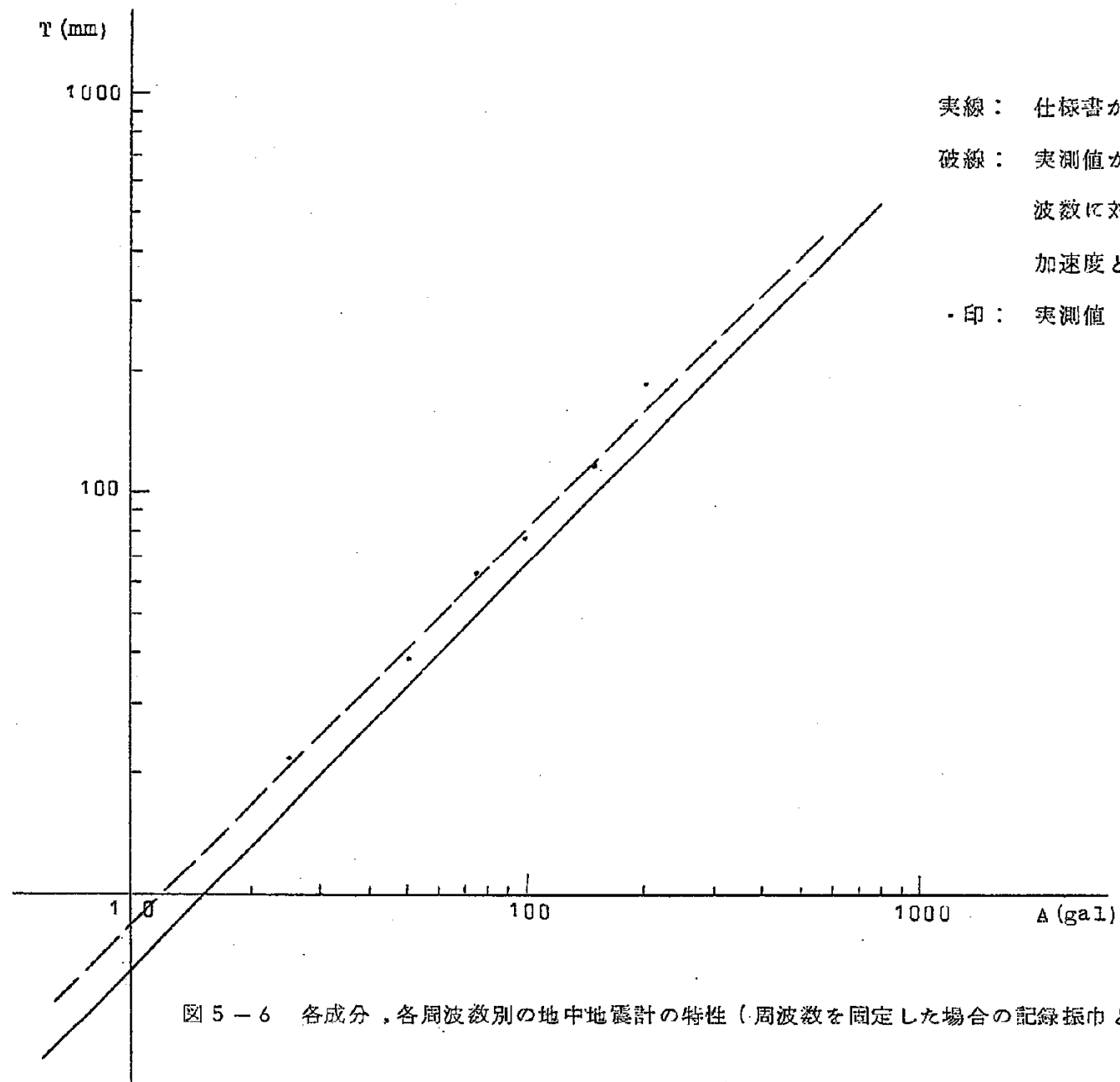
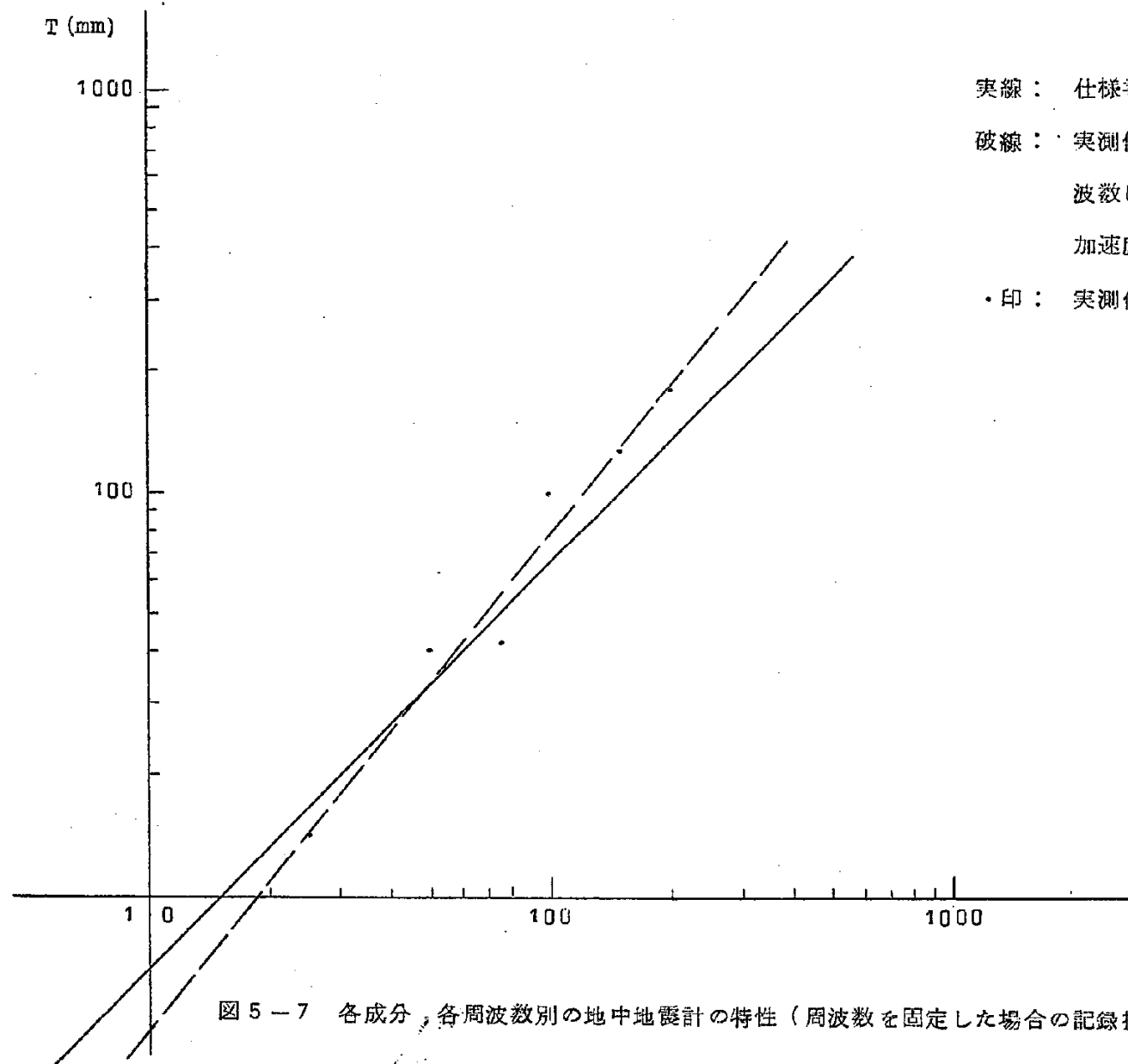


図 5 - 6 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

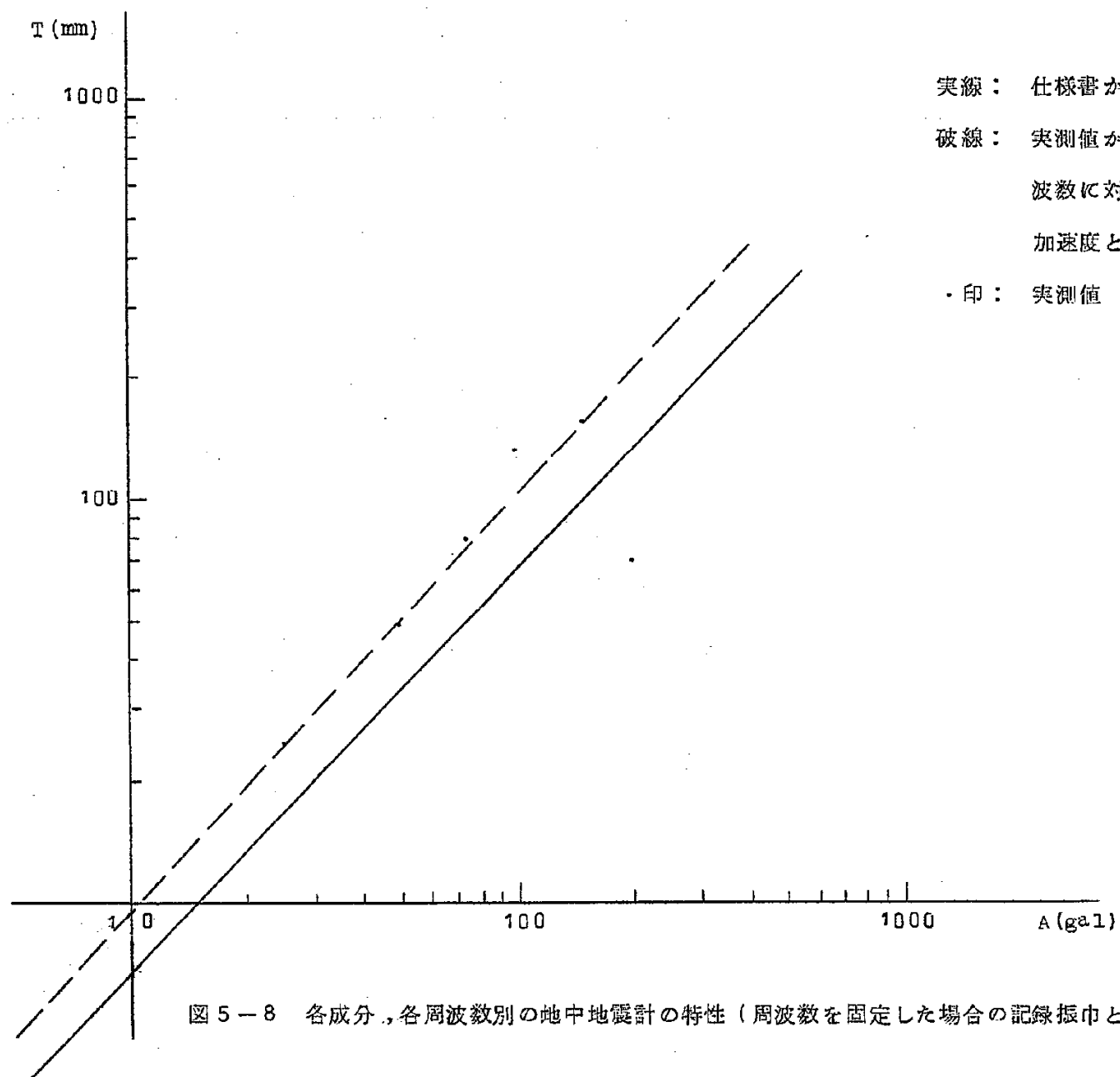
ch. 2
30 cps



実線：仕様書から推定された特性
破線：実測値から推定された各周
波数に対する記録全振巾と
加速度との関係
・印：実測値

図 5-7 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 2
40 cps



実線：仕様書から推定された特性
破線：実測値から推定された各周
波数に対する記録全振巾と
加速度との関係
・印：実測値

図 5-8 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

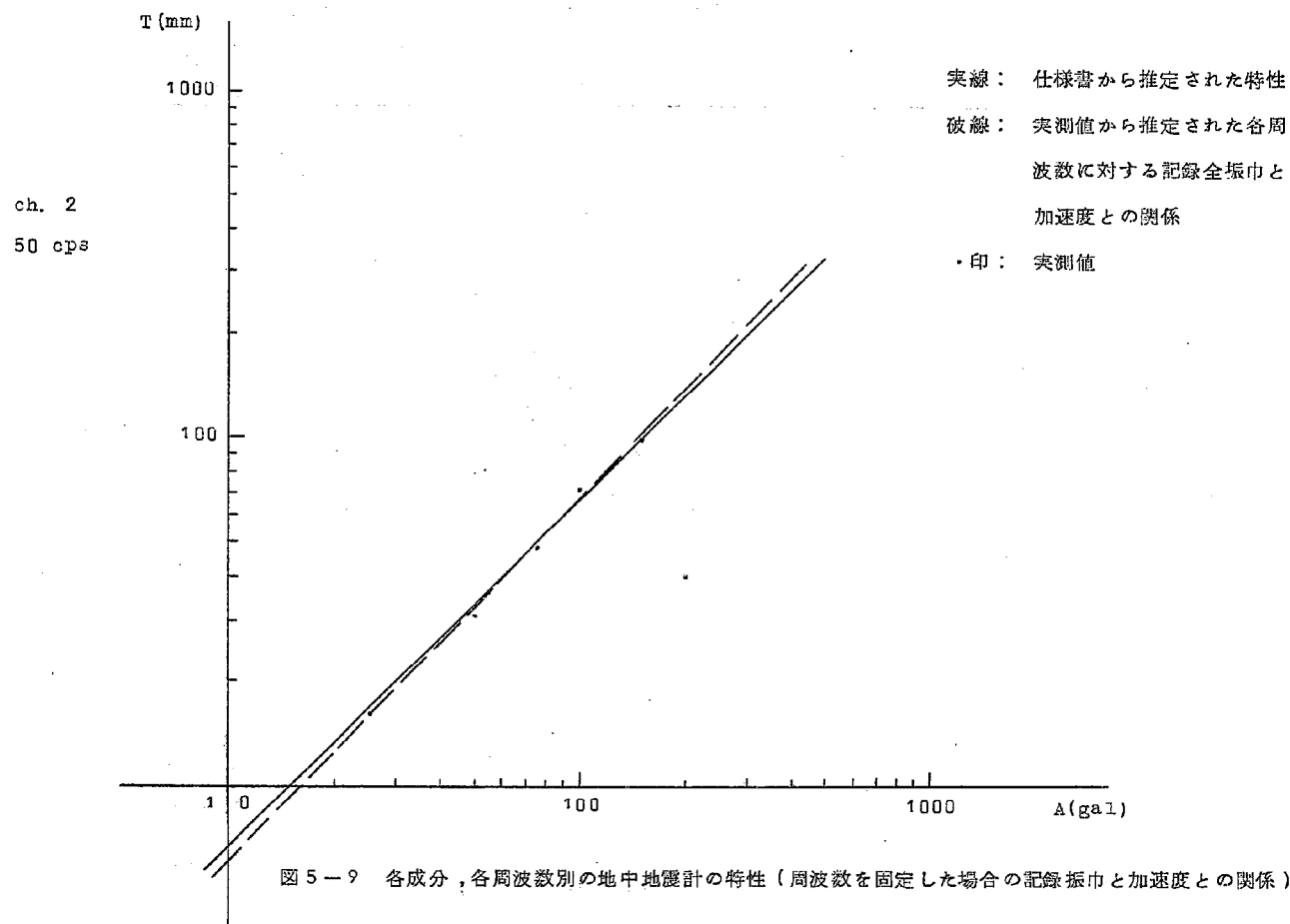


図 5-9 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

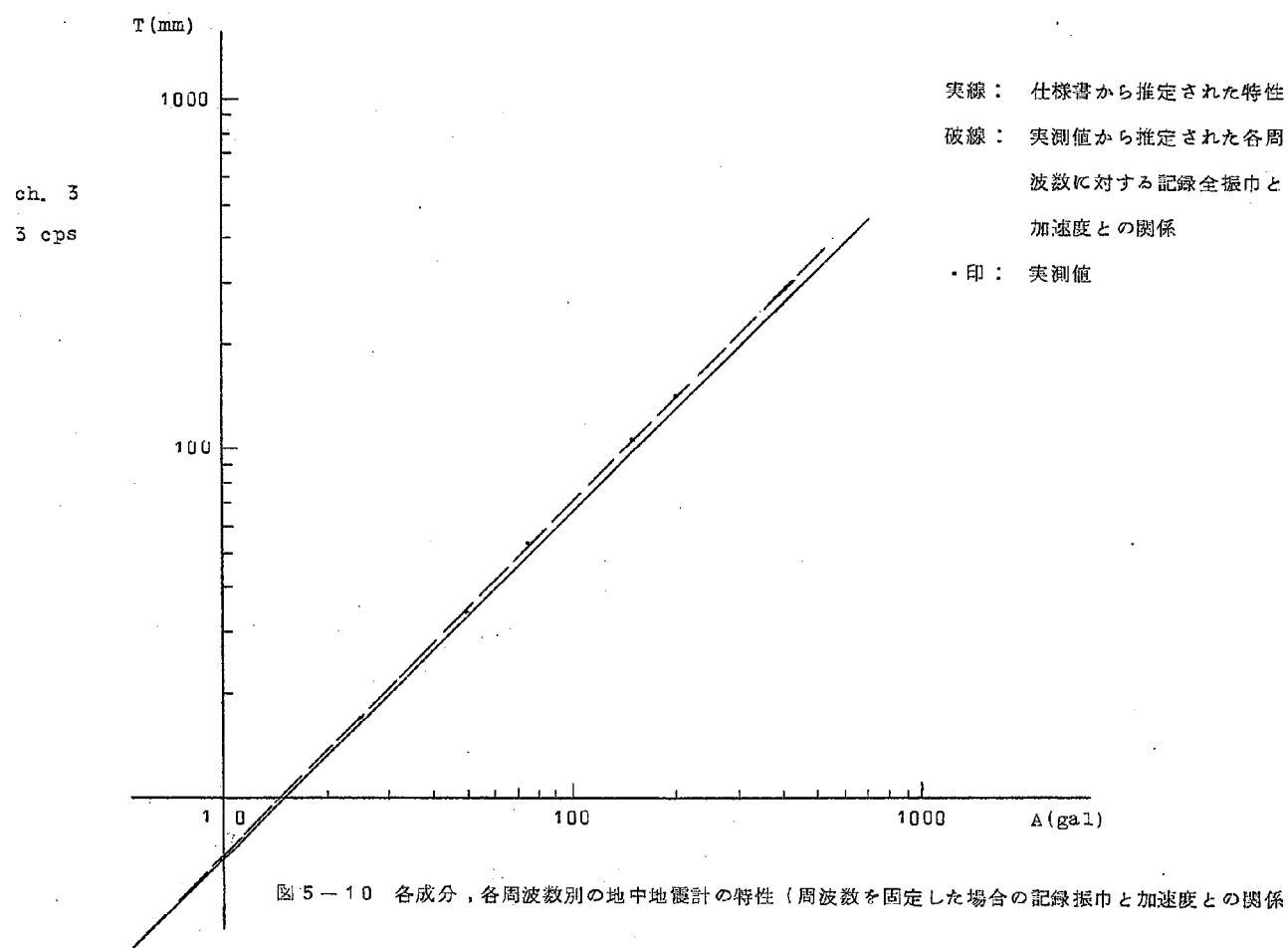


図 5-10 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

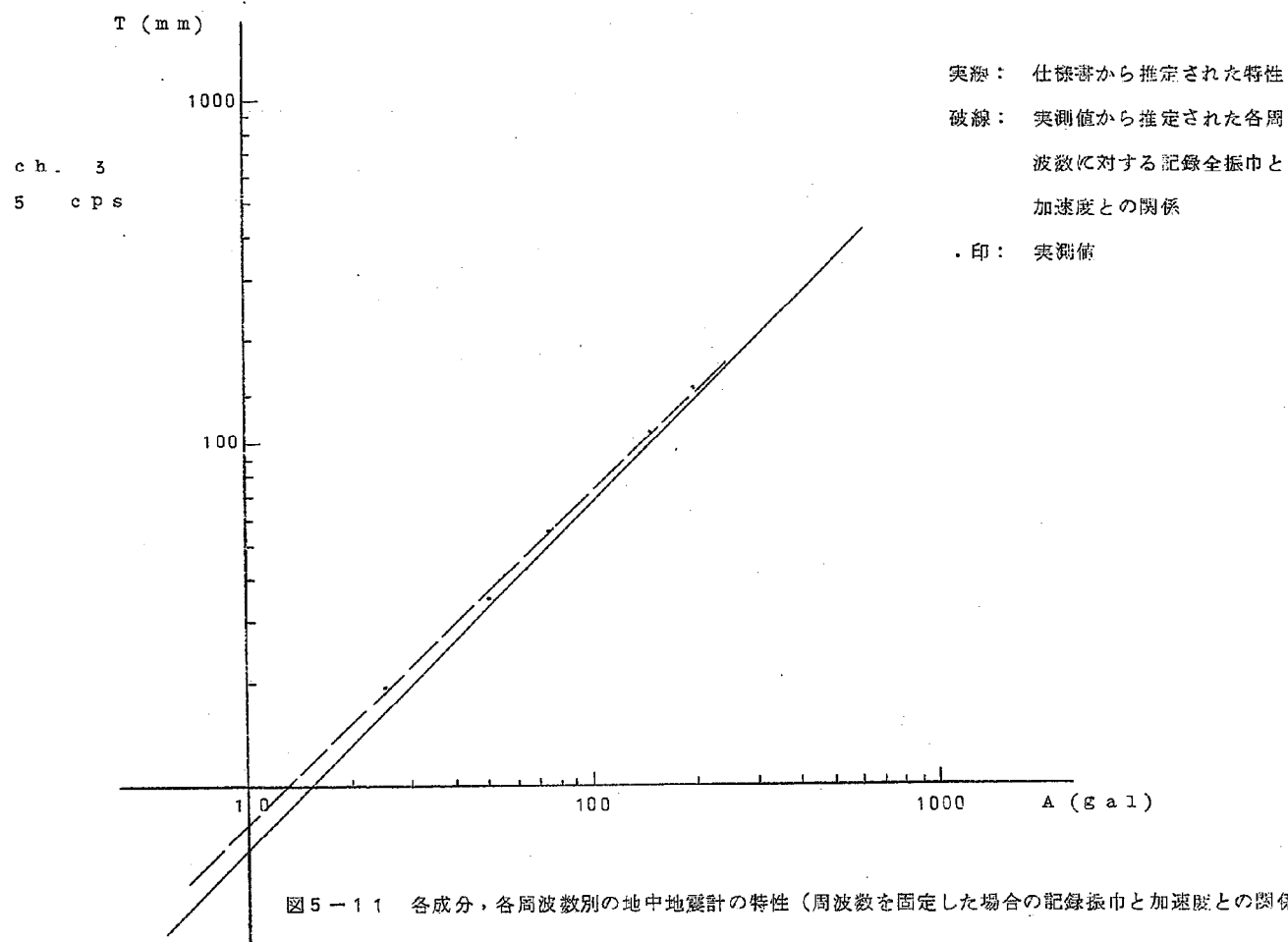


図5-11 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

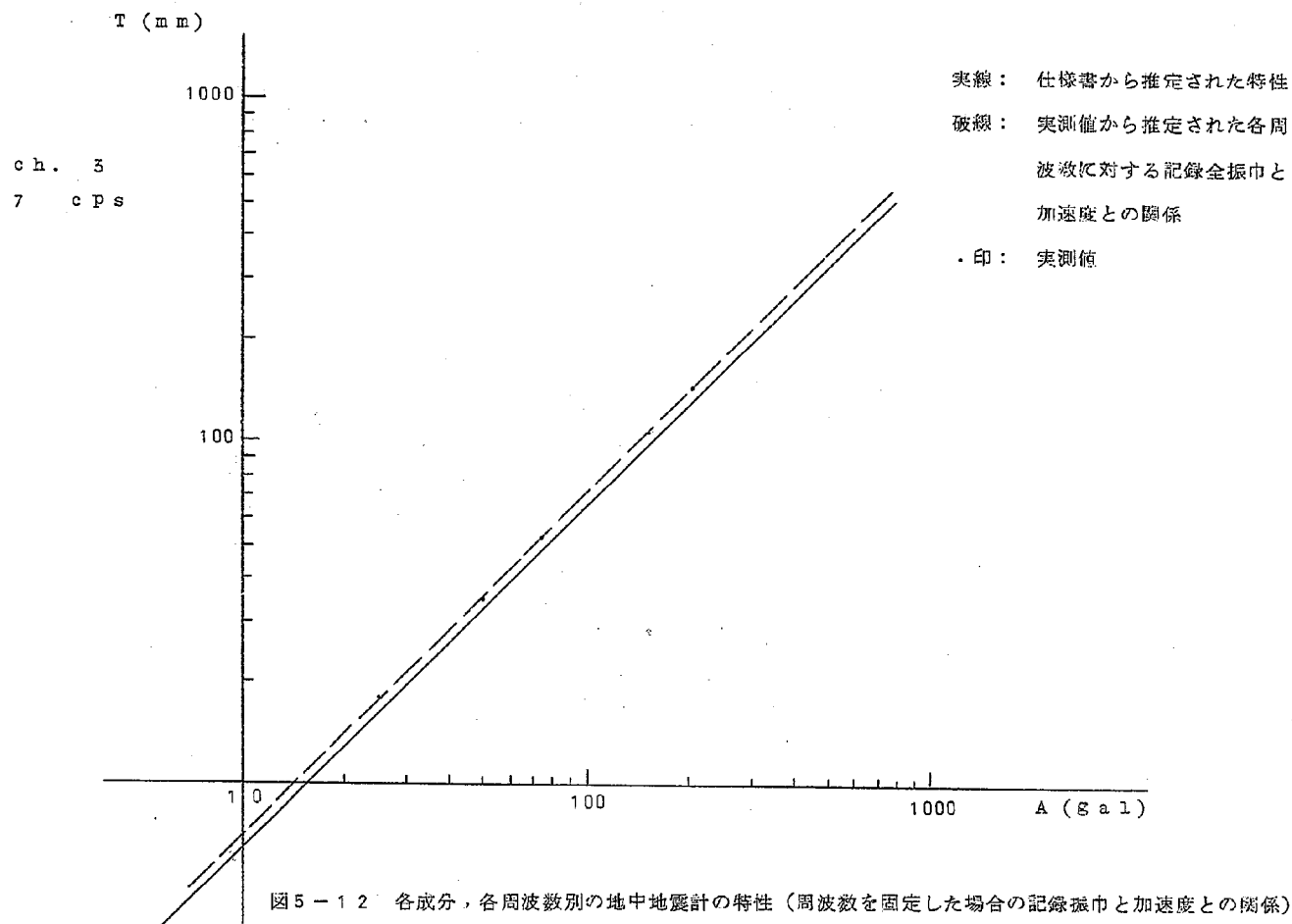


図5-12 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

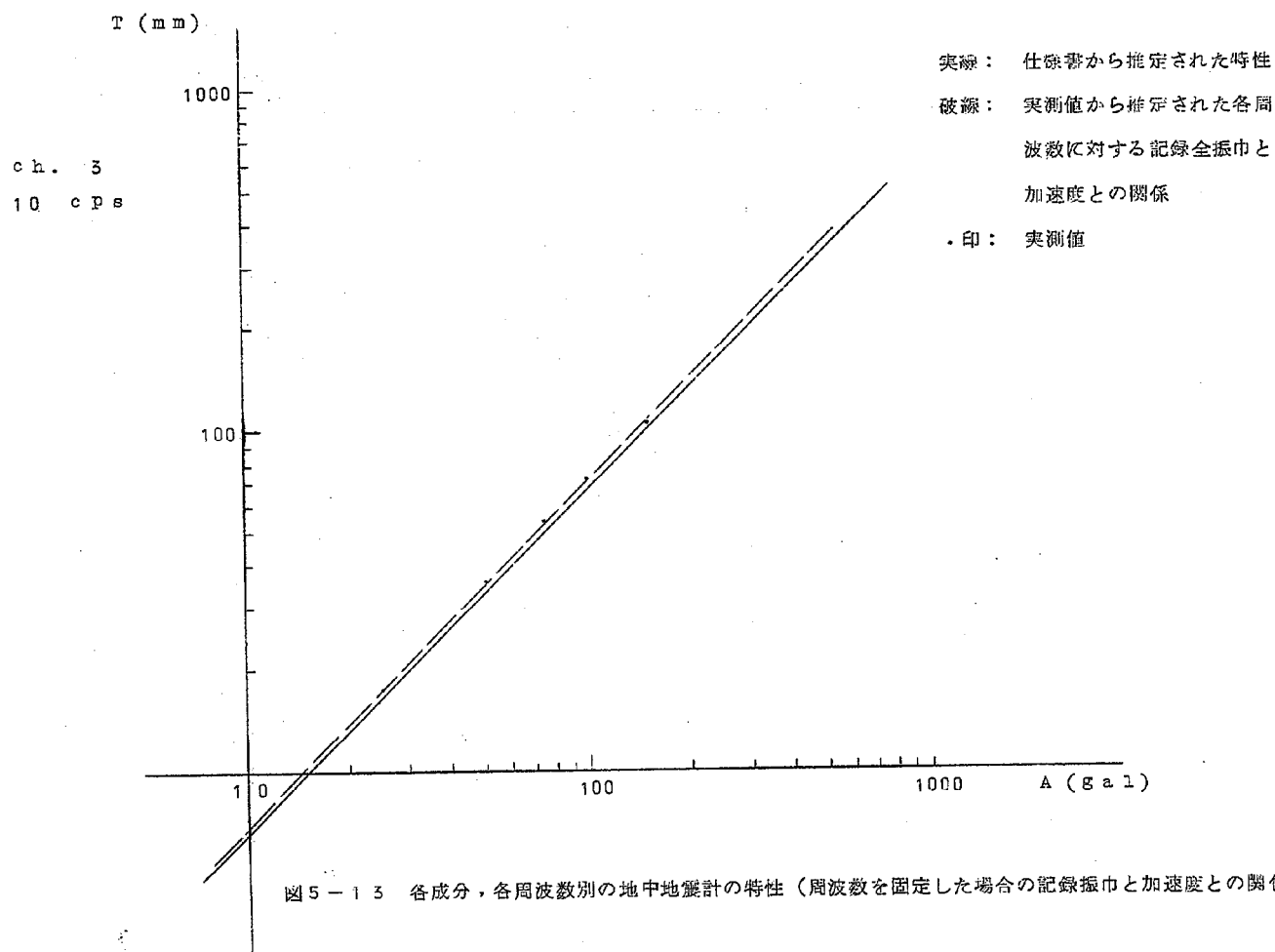


図5-13 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

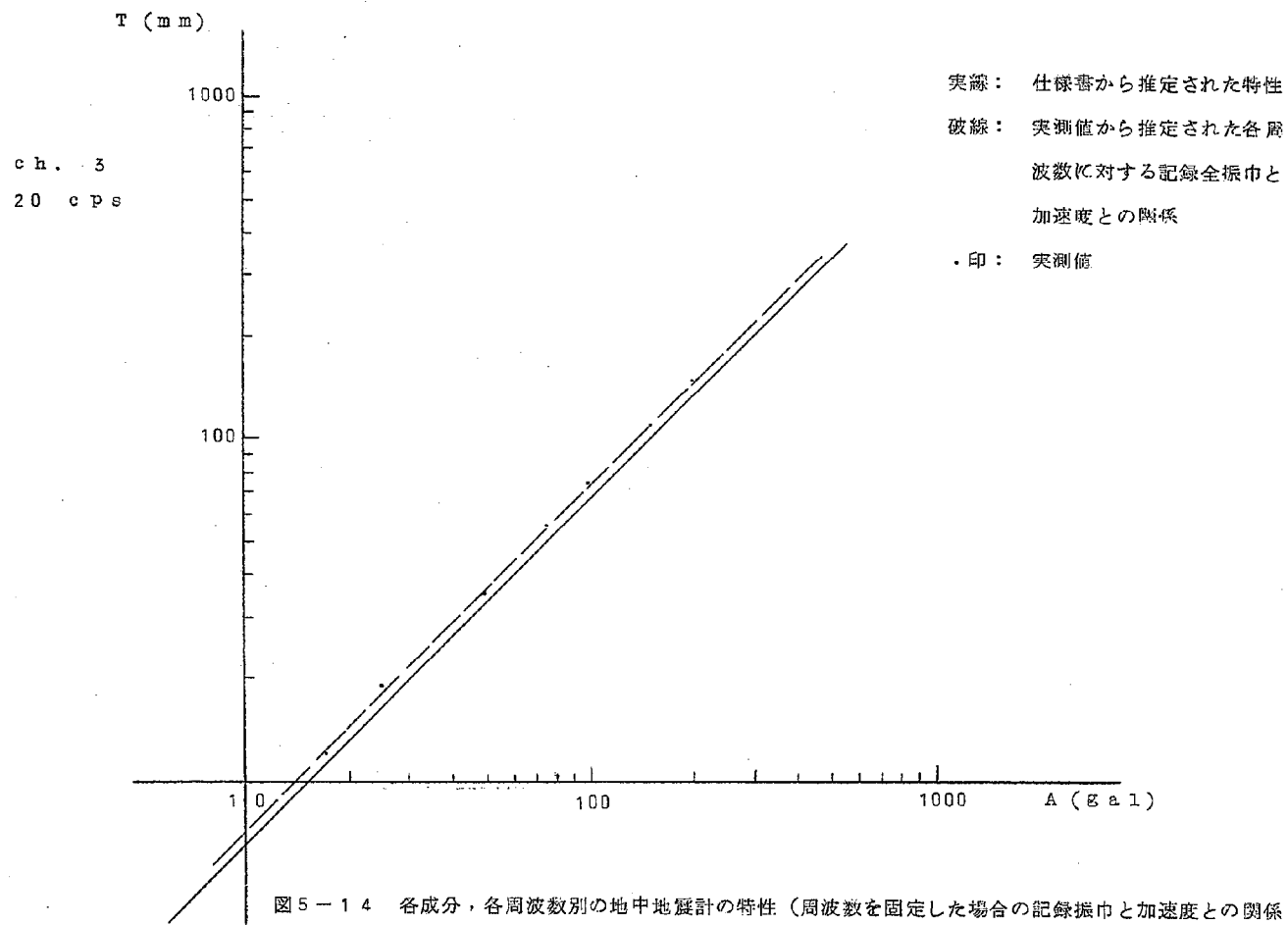


図5-14 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

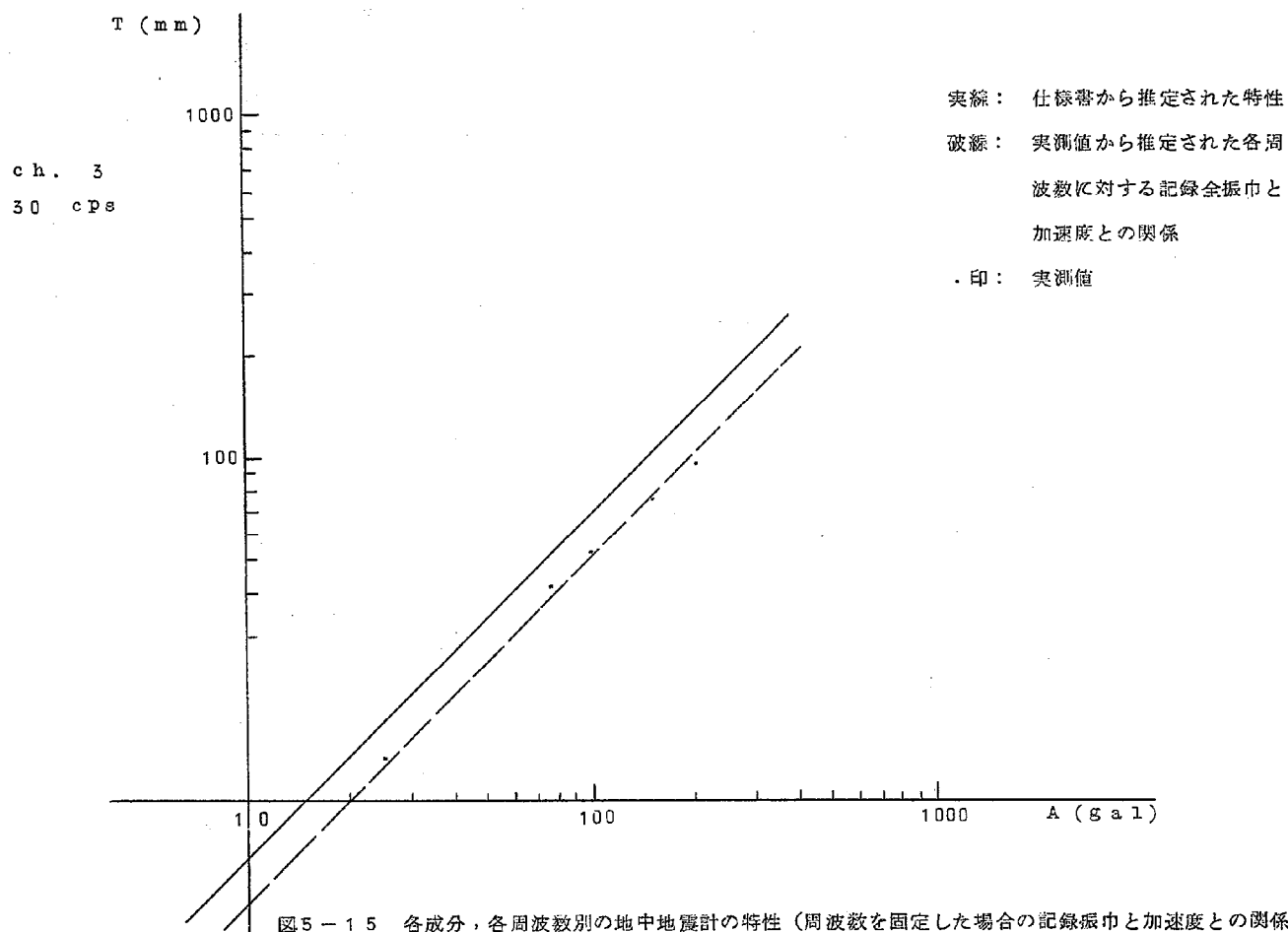
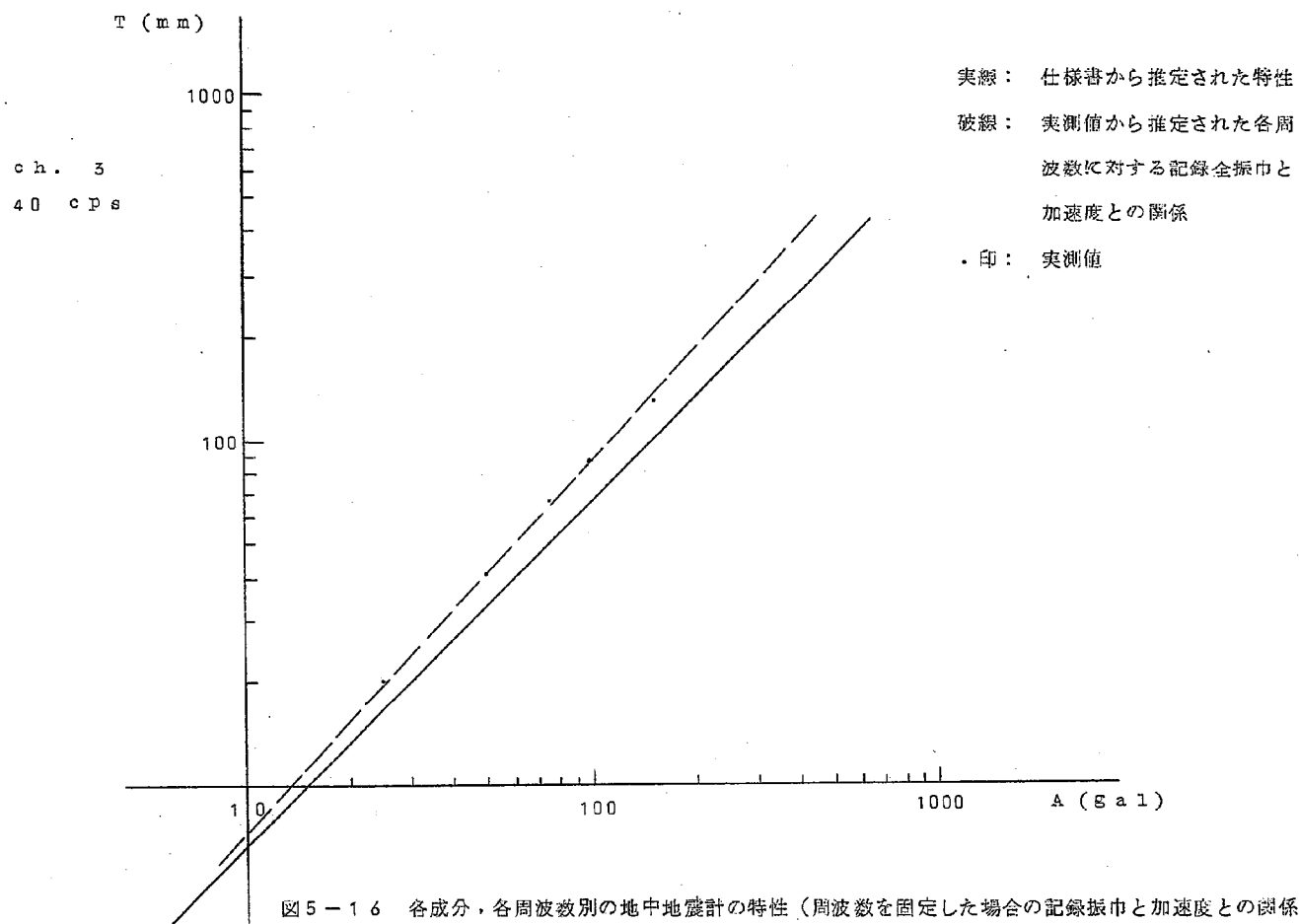
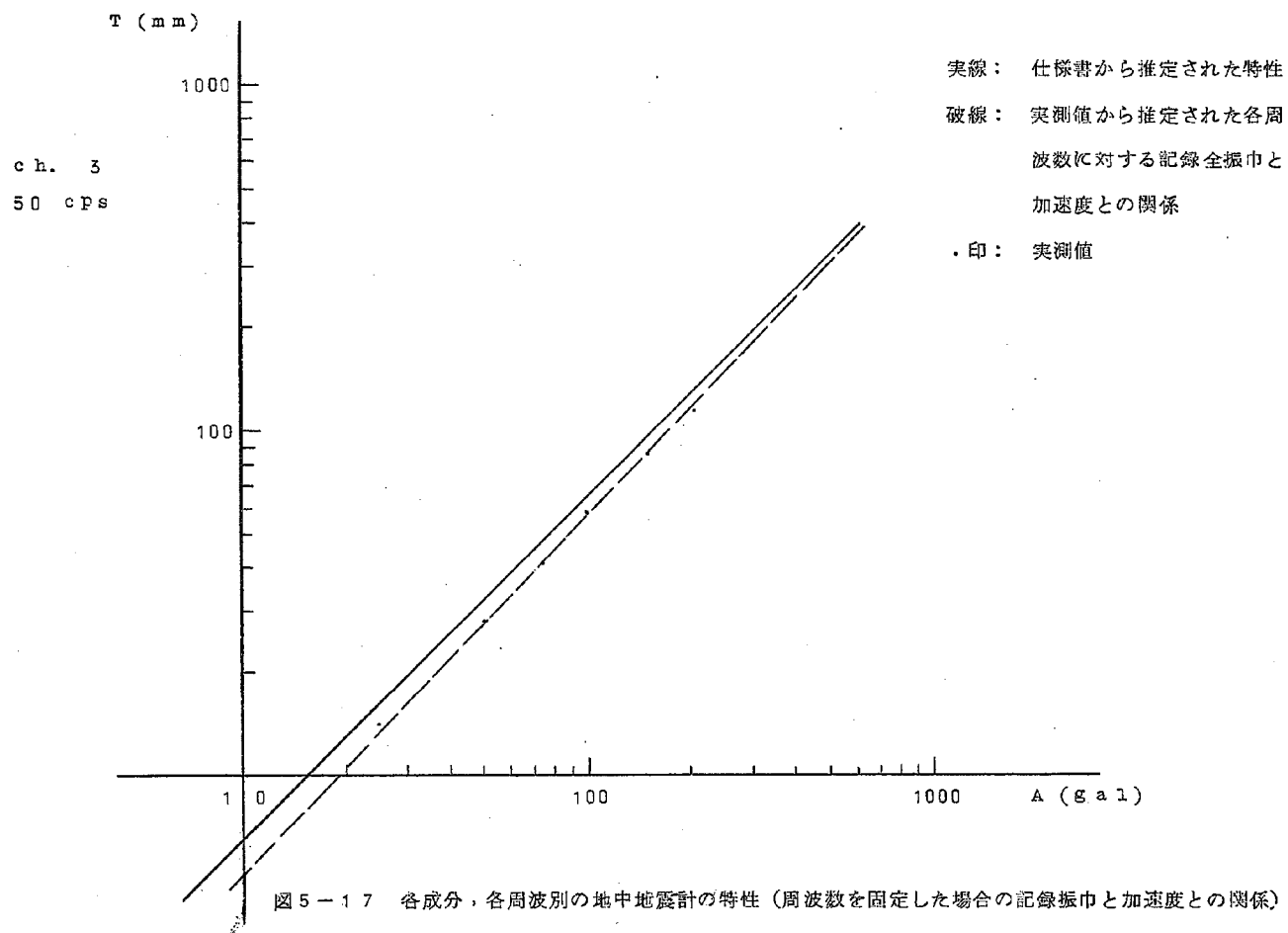


図5-15 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）





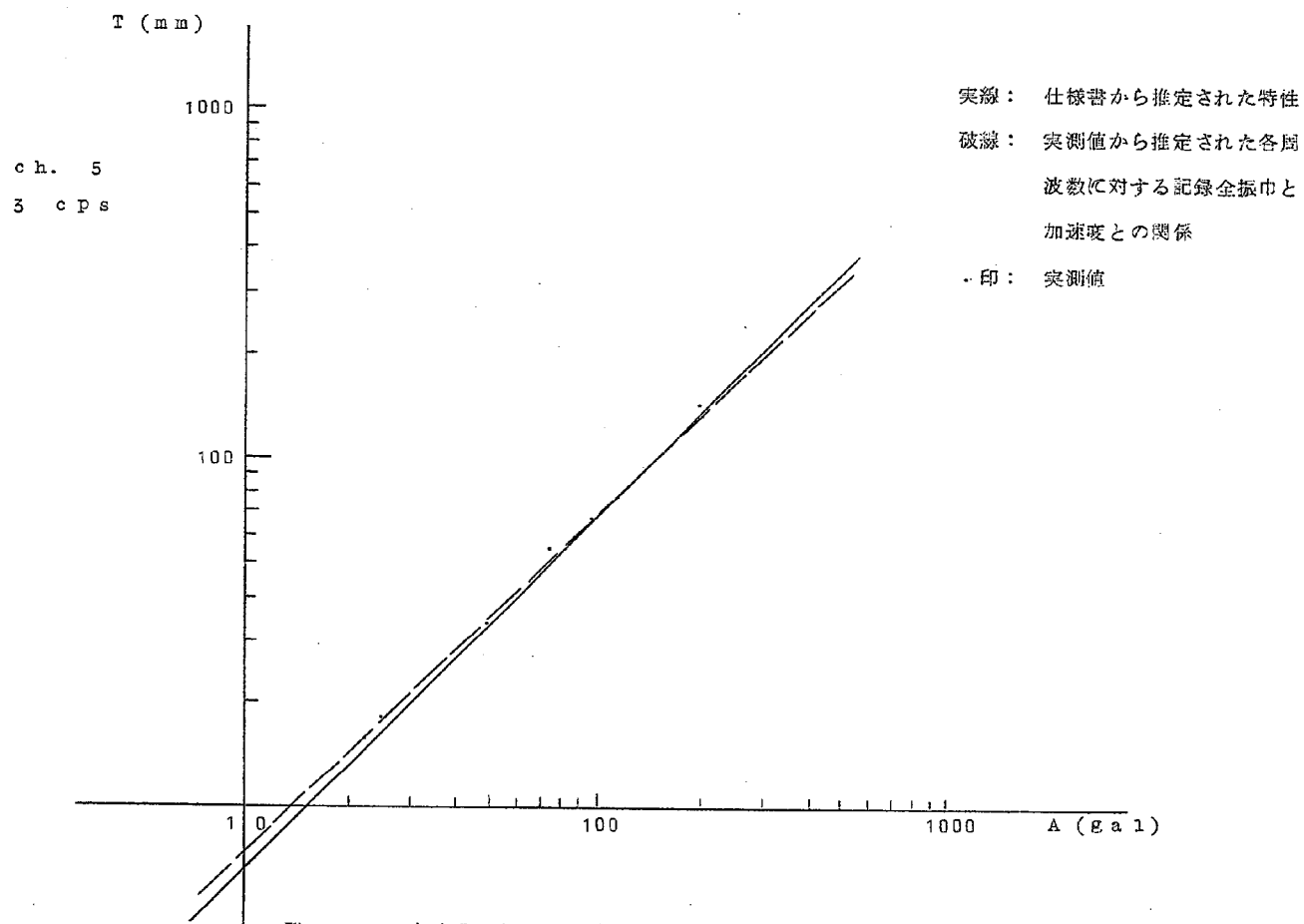


図5-1B 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

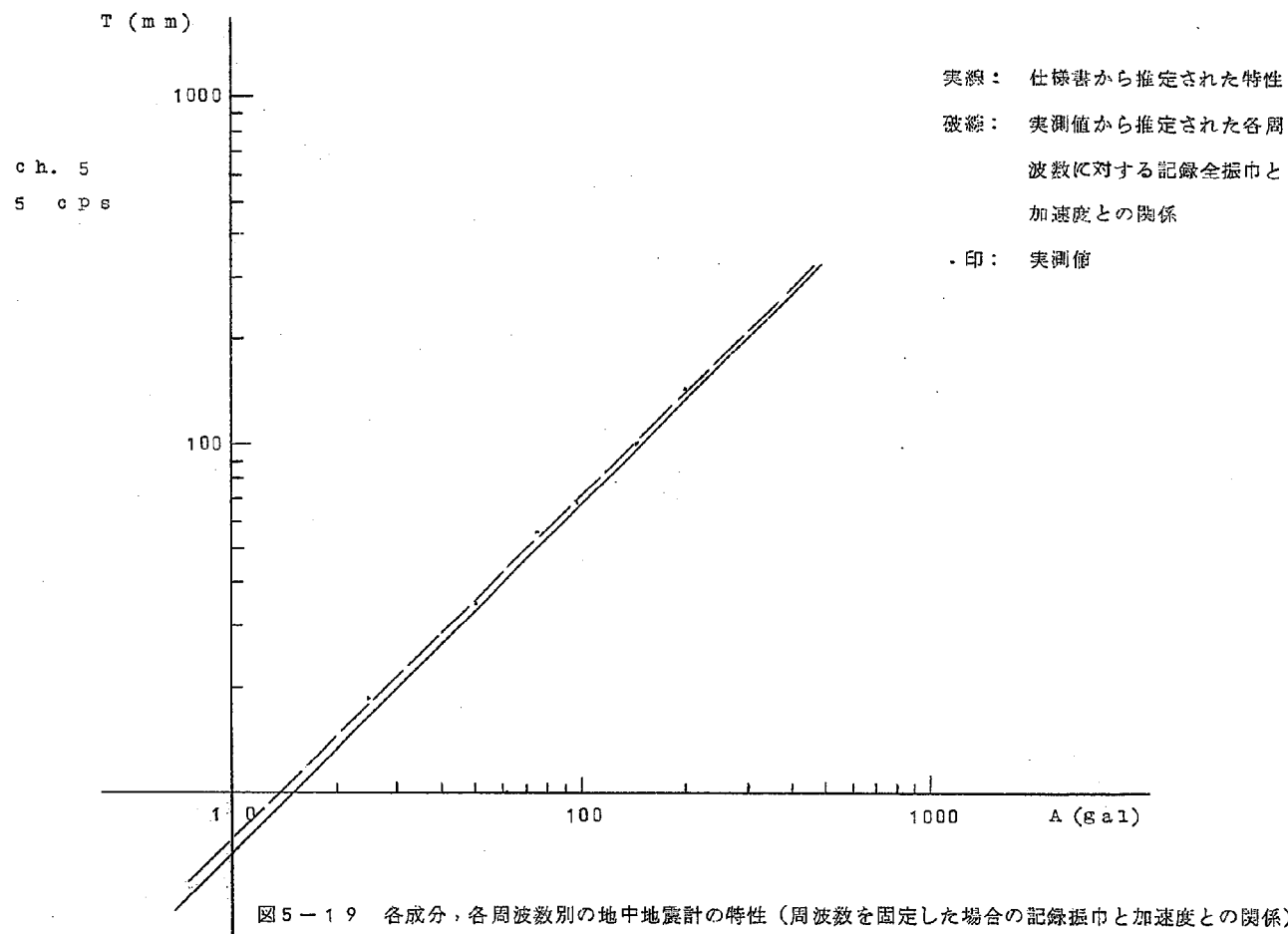


図5-19 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 5
7 cps

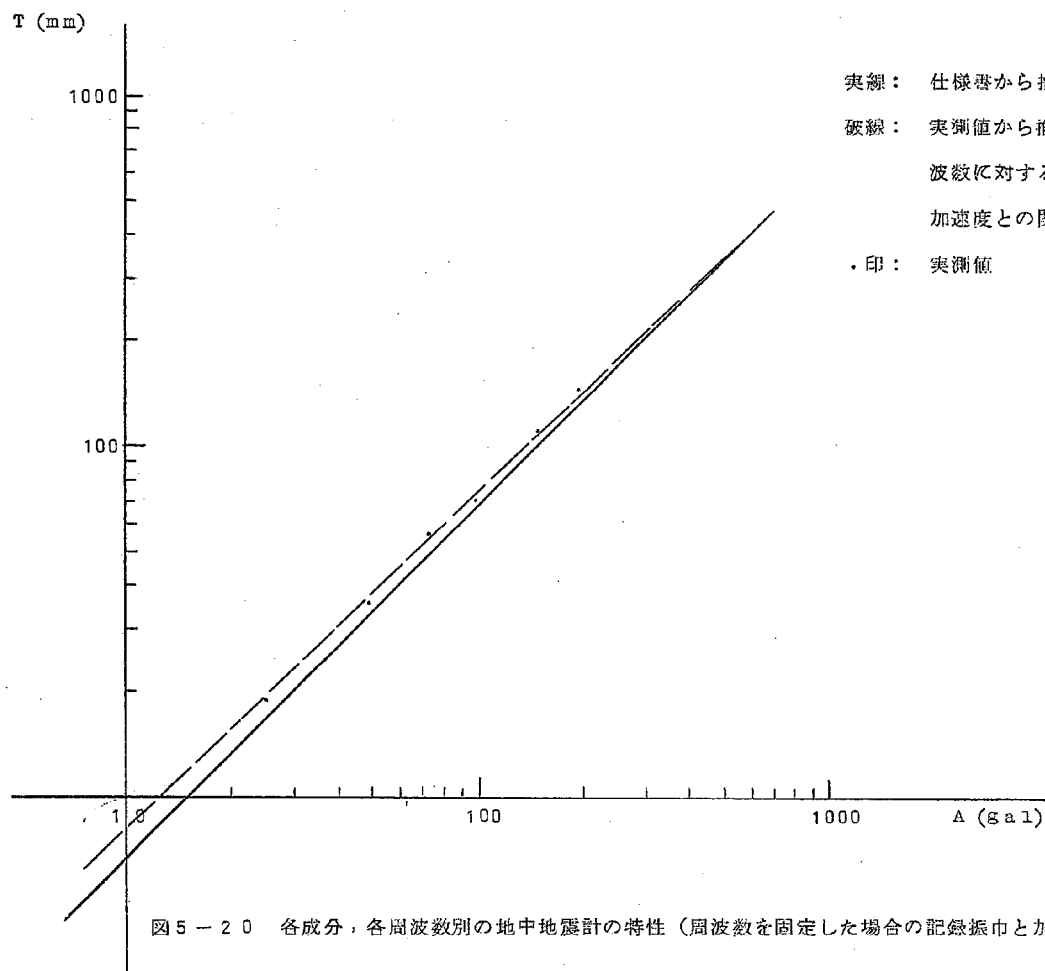


図 5 - 2 0 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

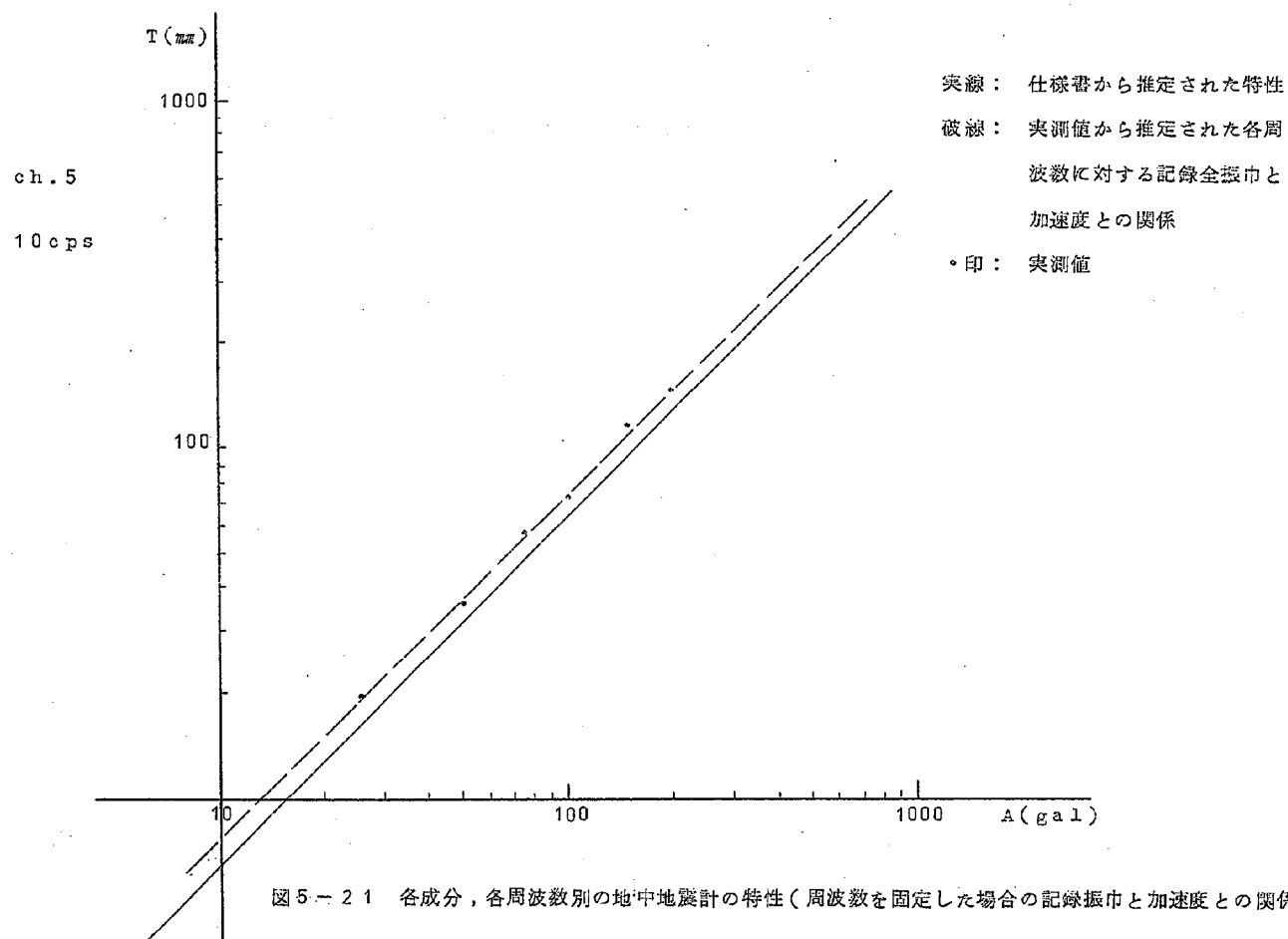


図 5-21 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

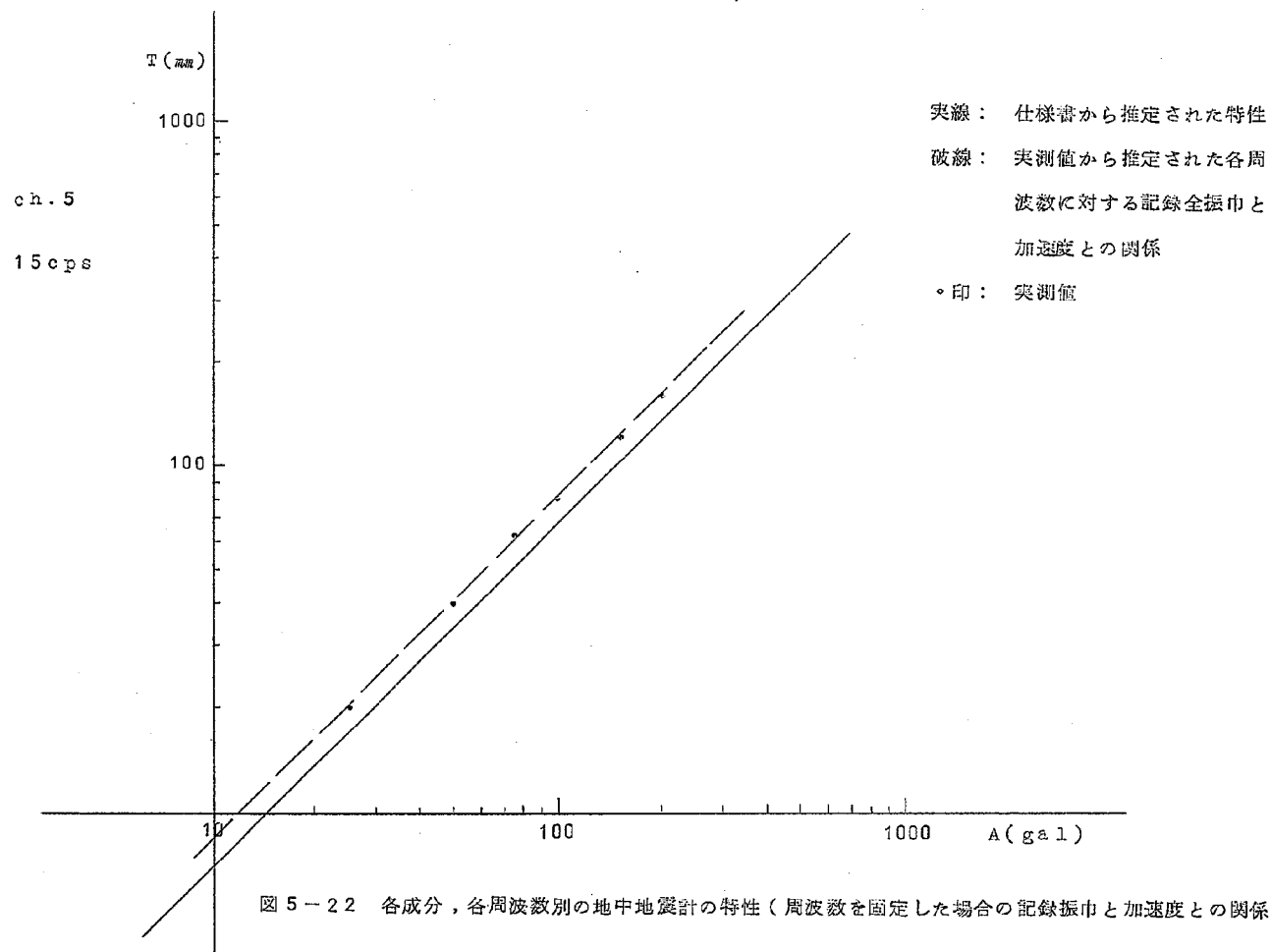
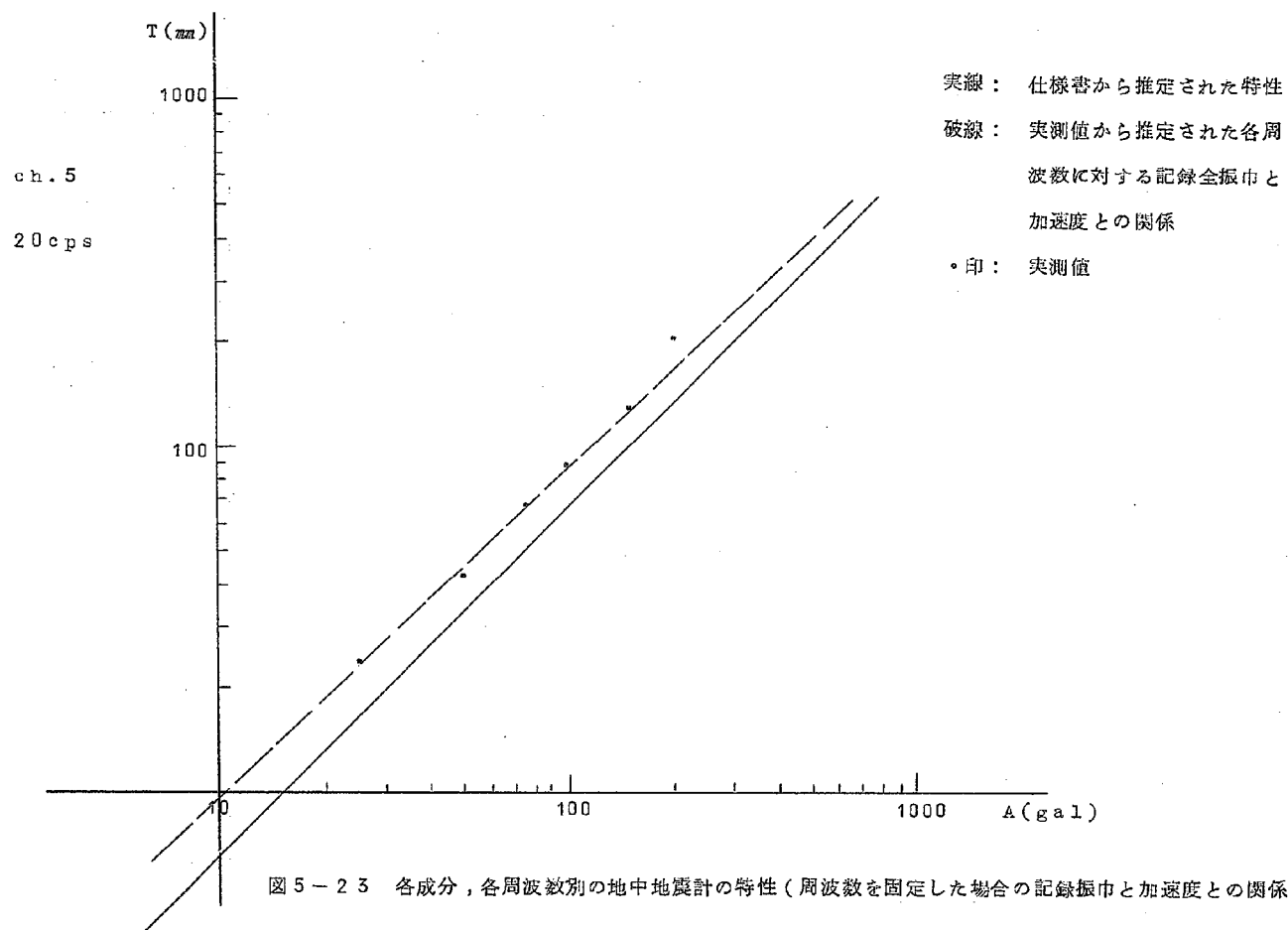


図 5-22 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）



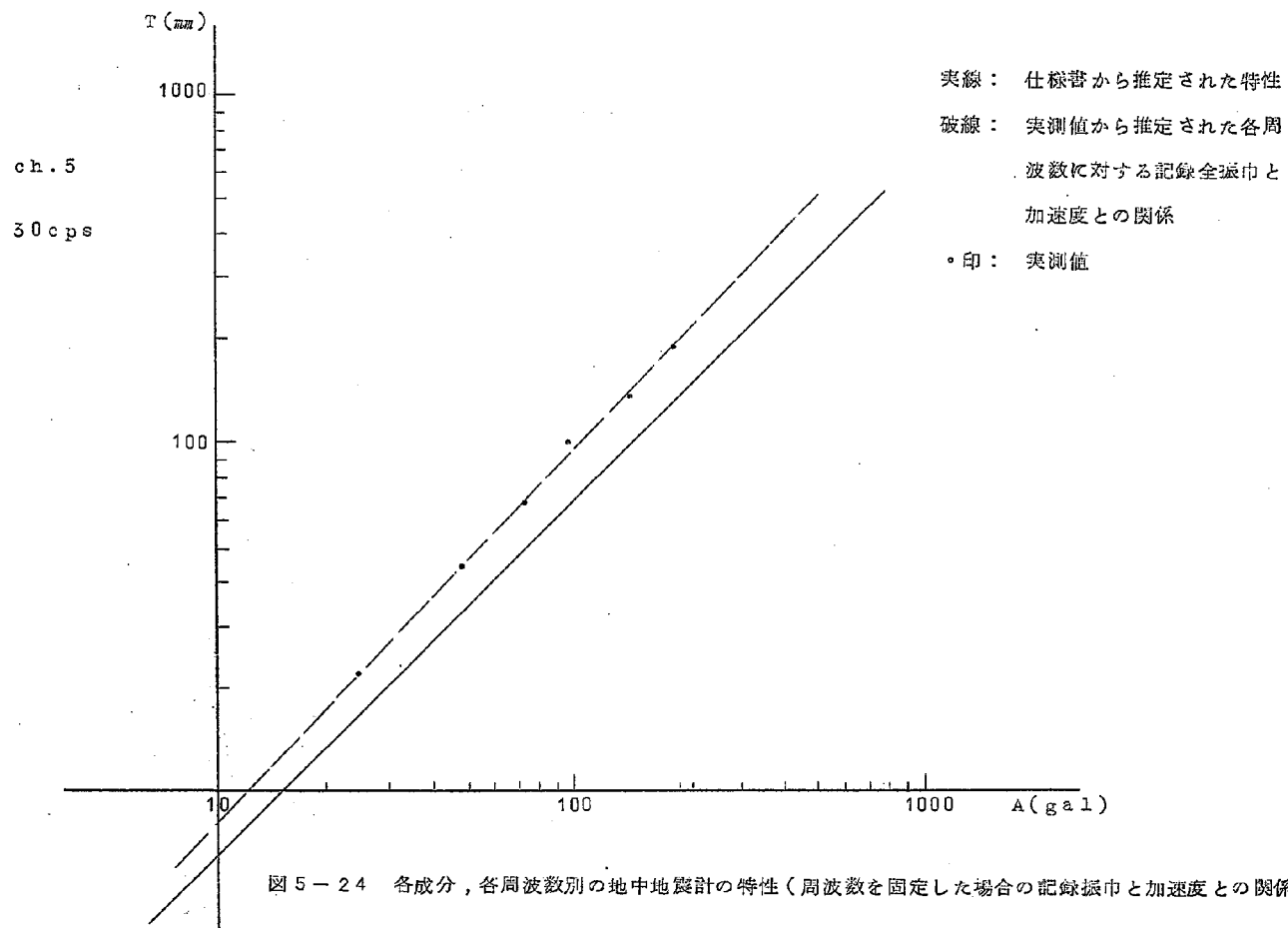


図 5-24 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

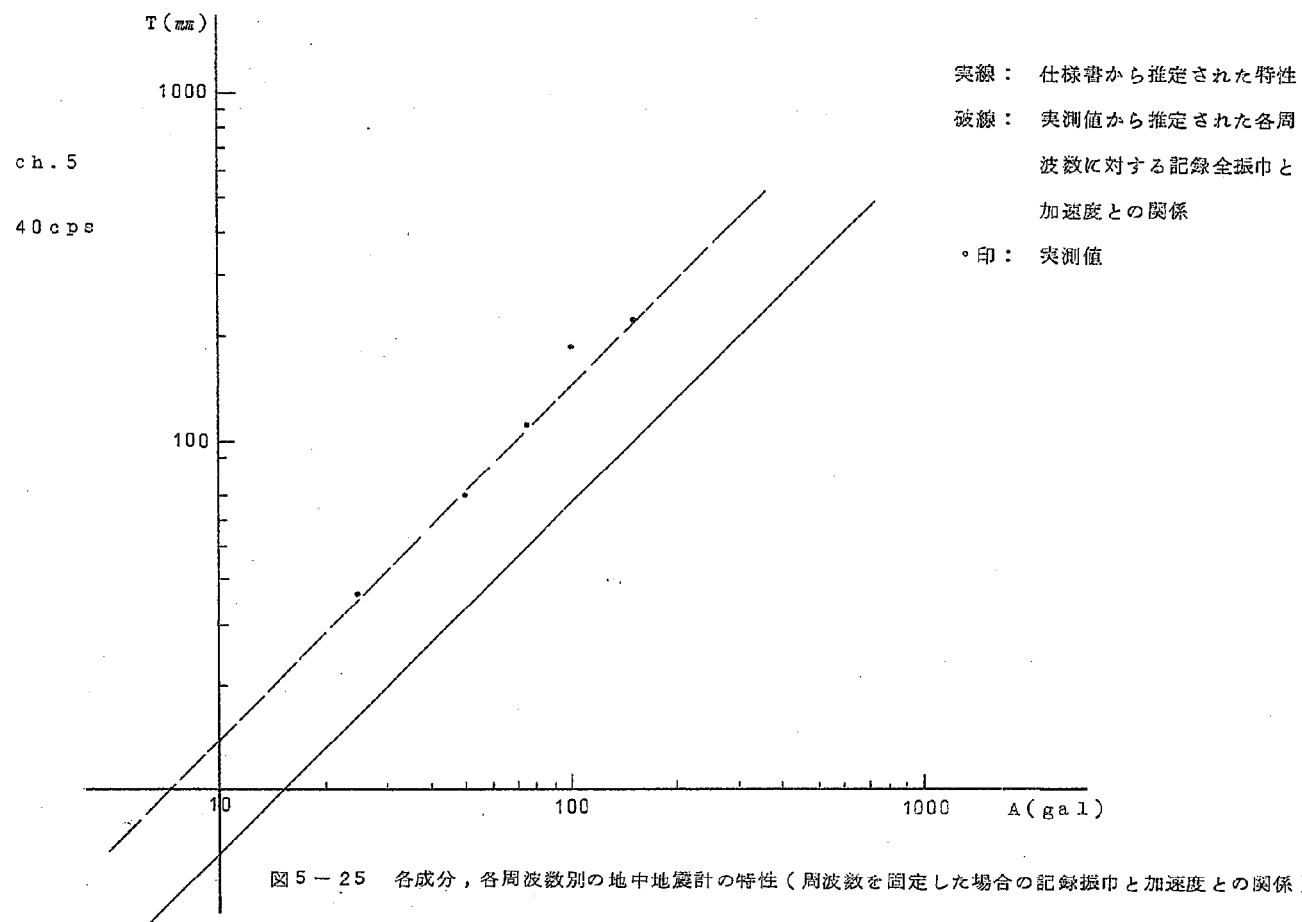


図 5 - 25 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

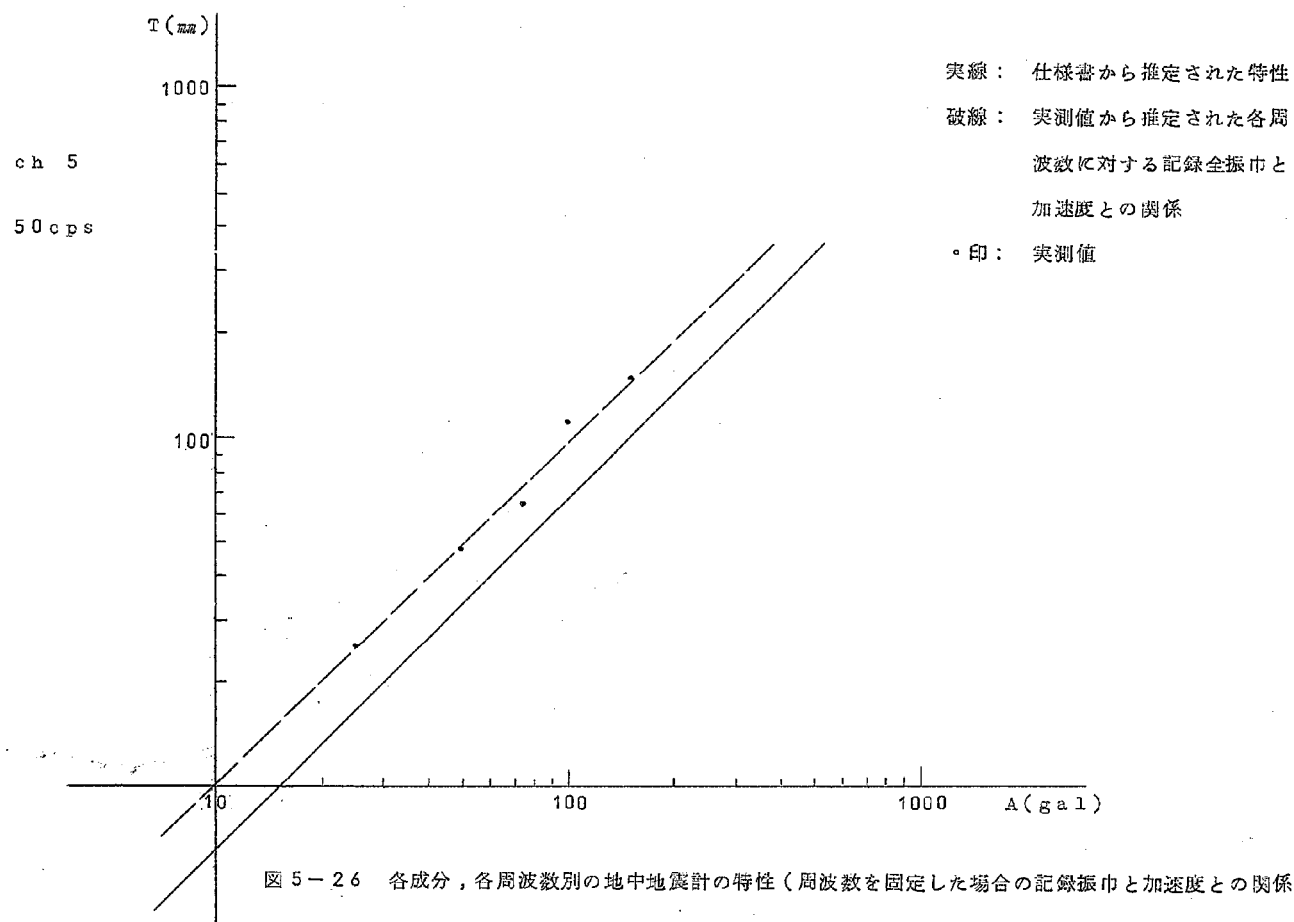
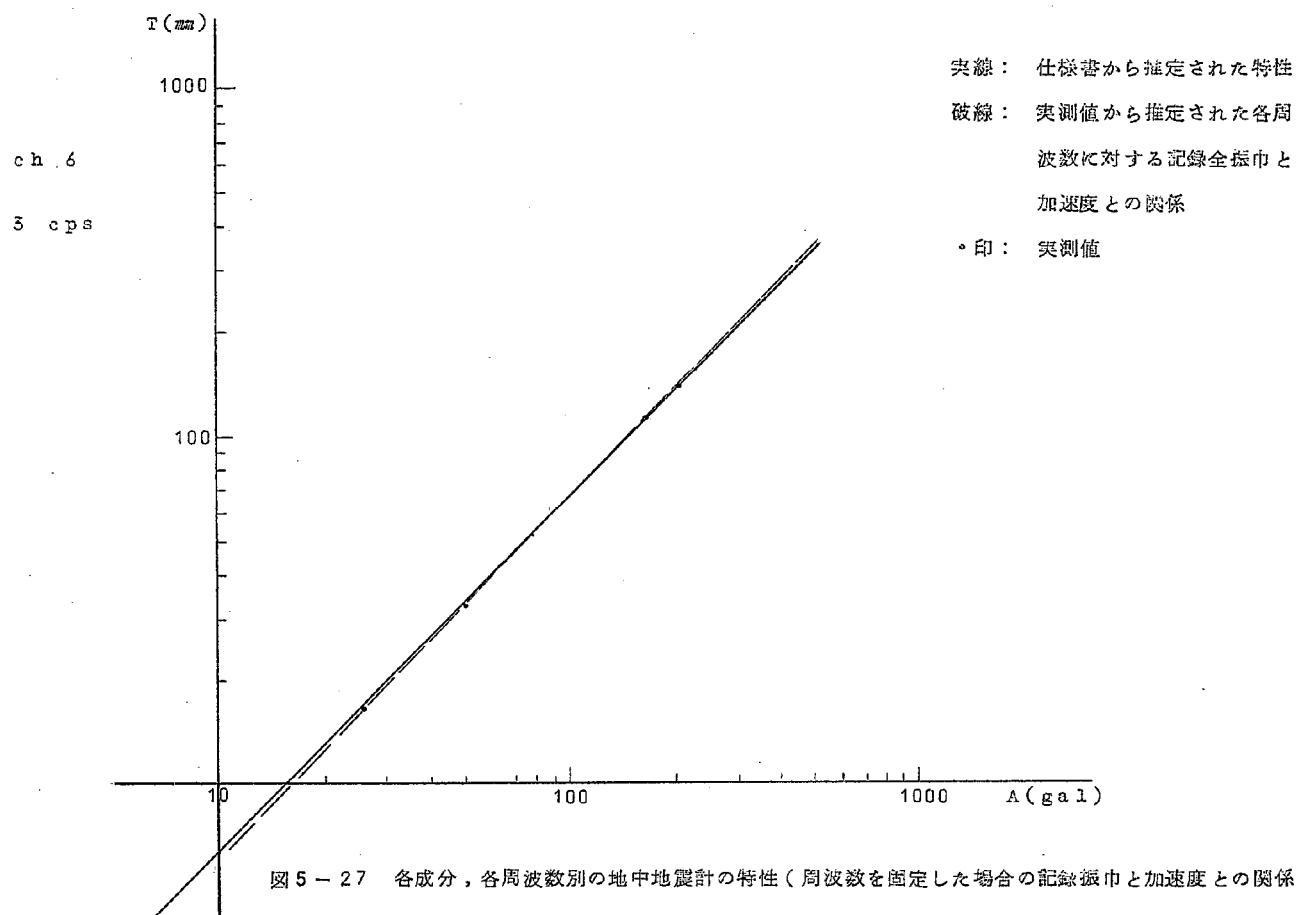


図 5-26 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）



ch 6
5 cps

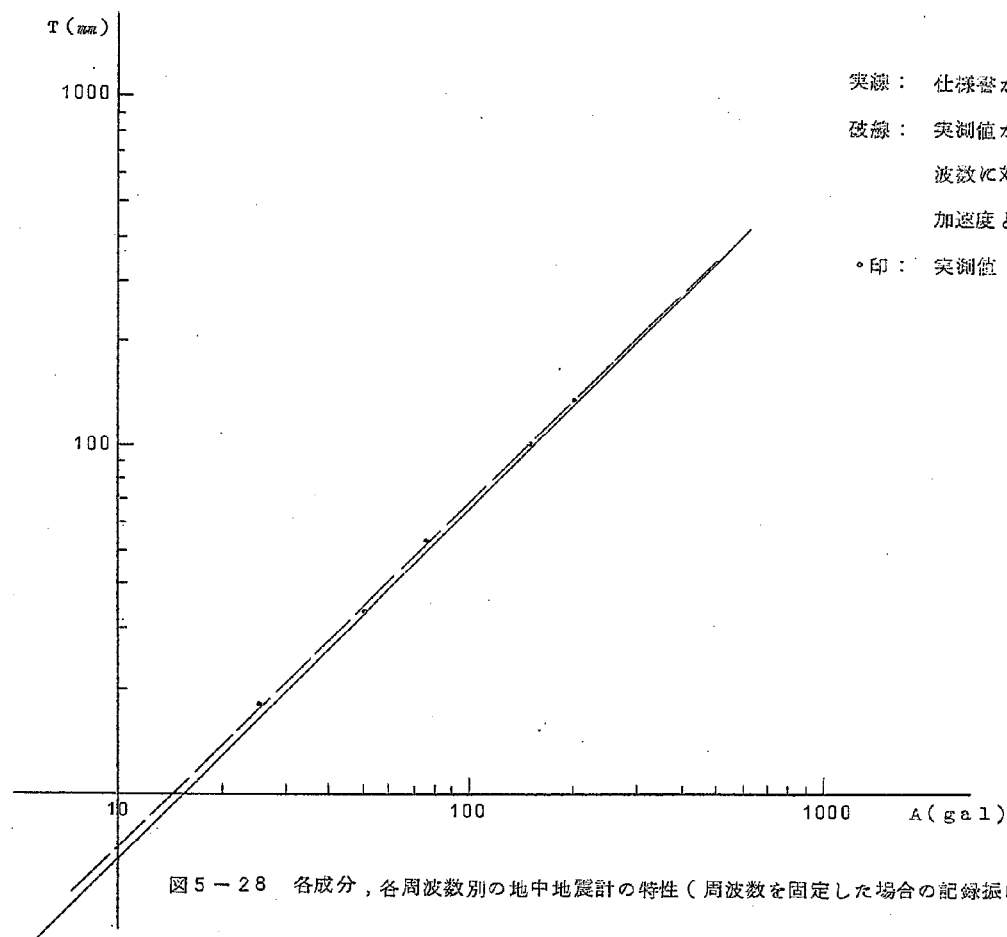


図5-28 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

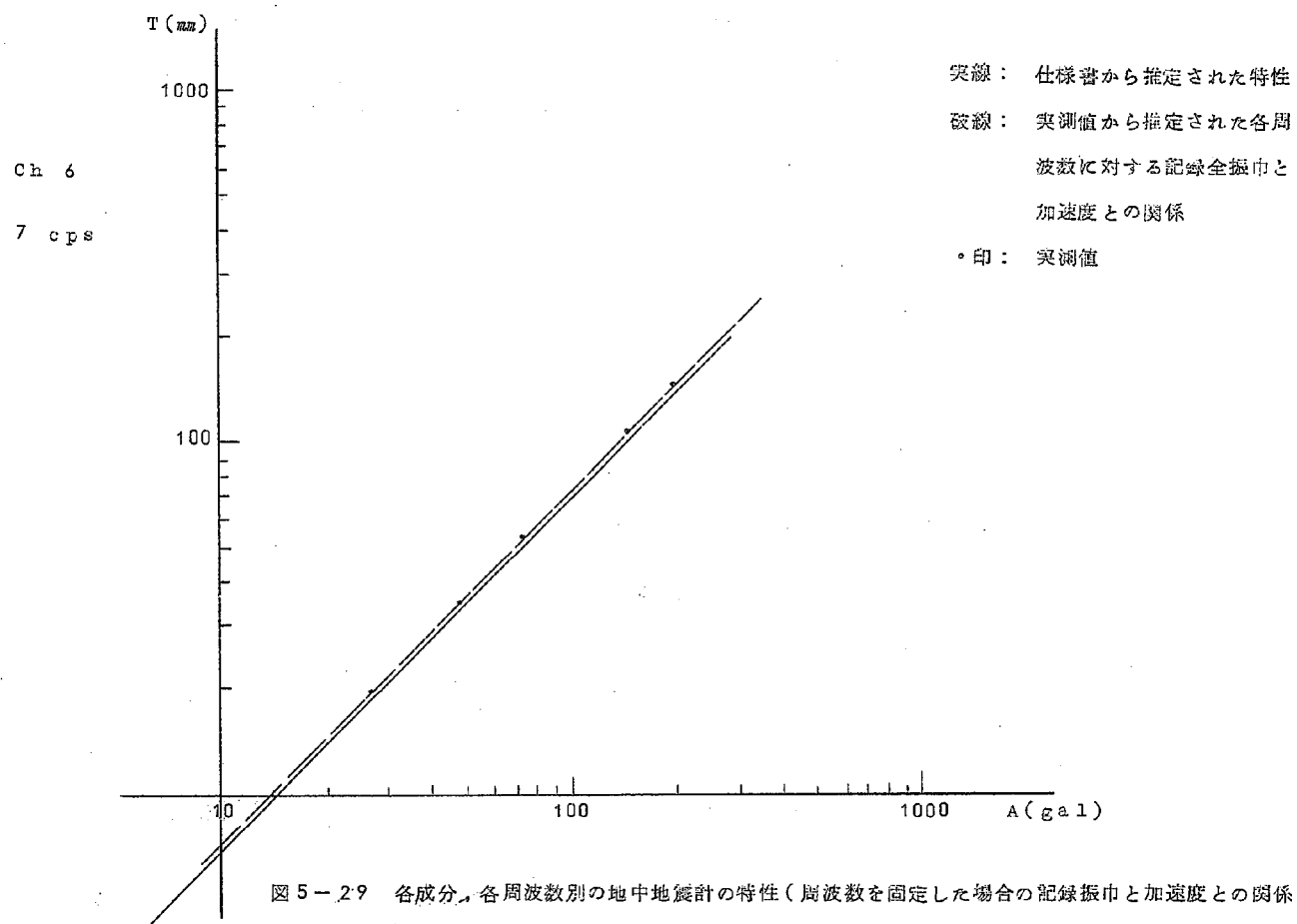
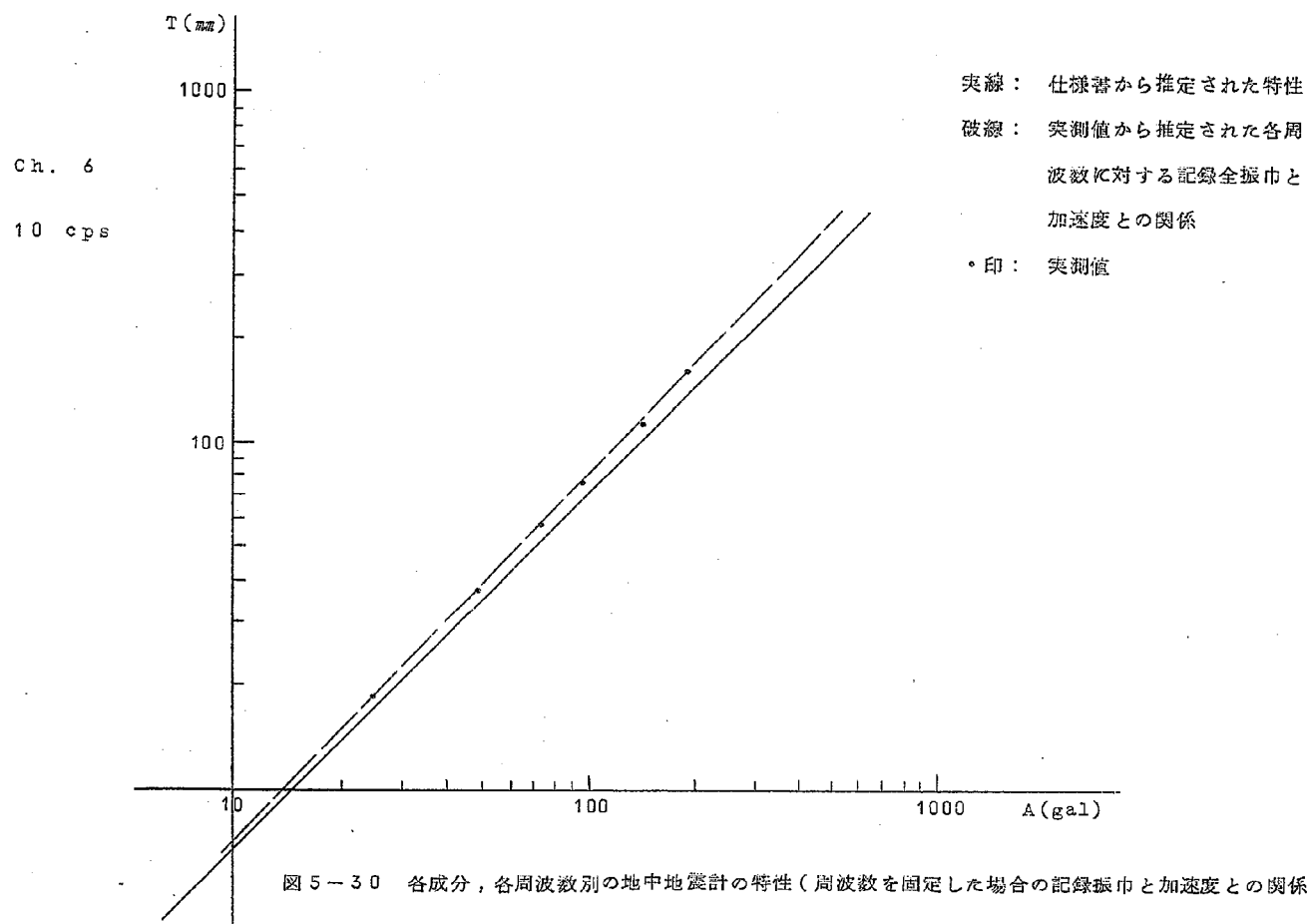


図 5-29 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）



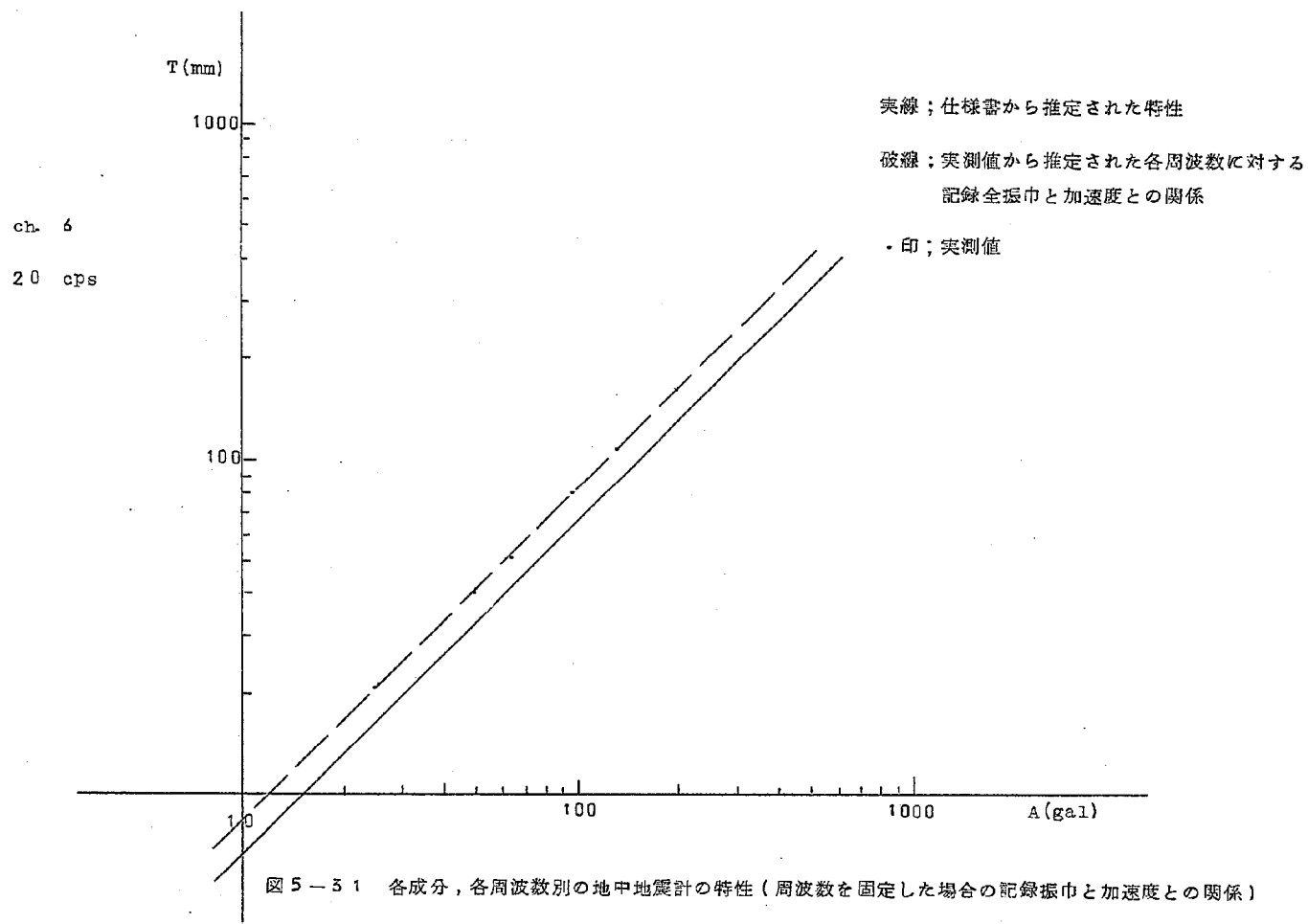


図 5-31 各成分，各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 6
30 cps

T (mm)

1000

100

10

100

1000

A (gal)

実線：仕様書から推定された特性

破線：実測値から推定された各周波数に対する

記録全振巾と加速度との関係

・印：実測値

図 5-32 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 6
40 cps

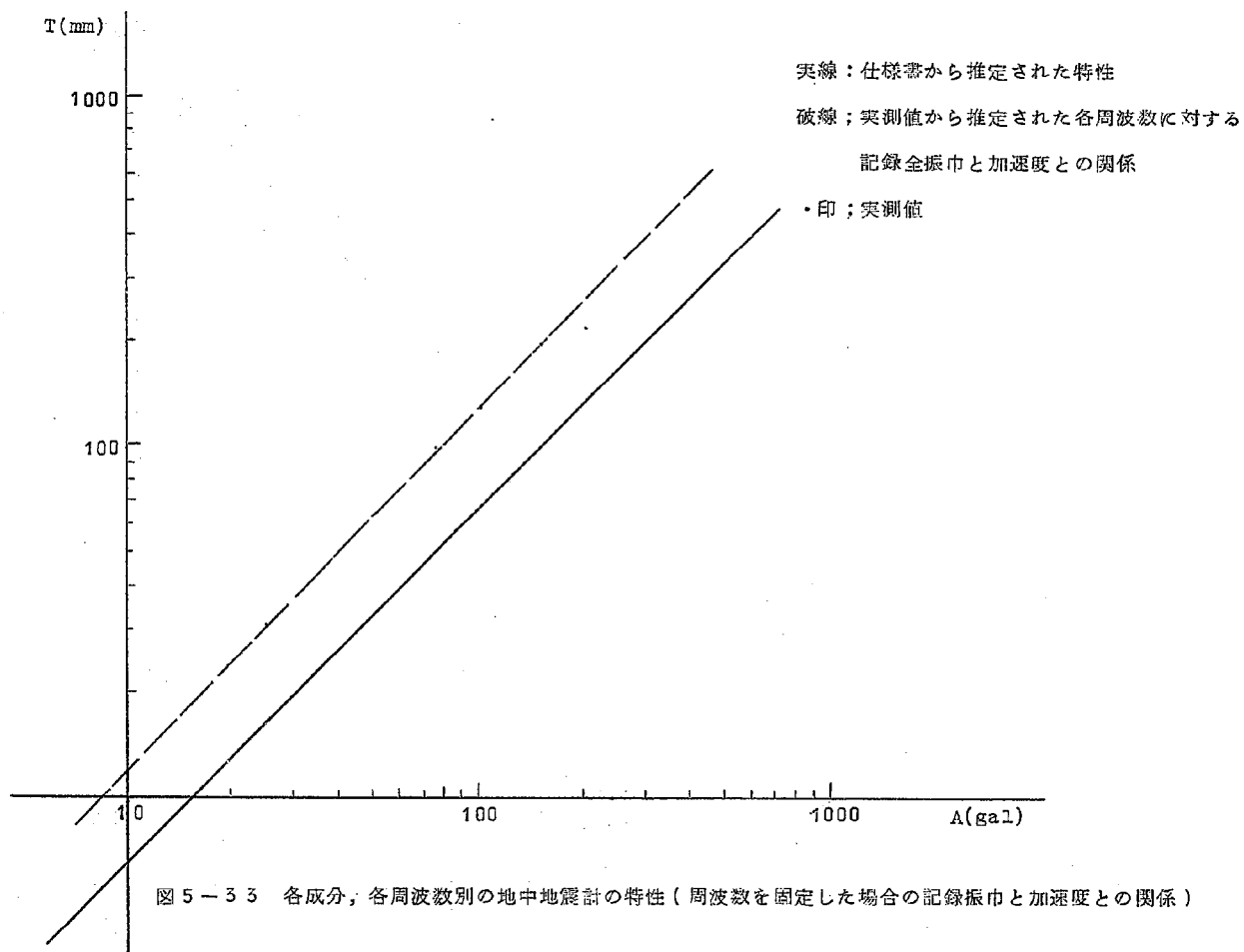


図 5-33 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 6
50 cps

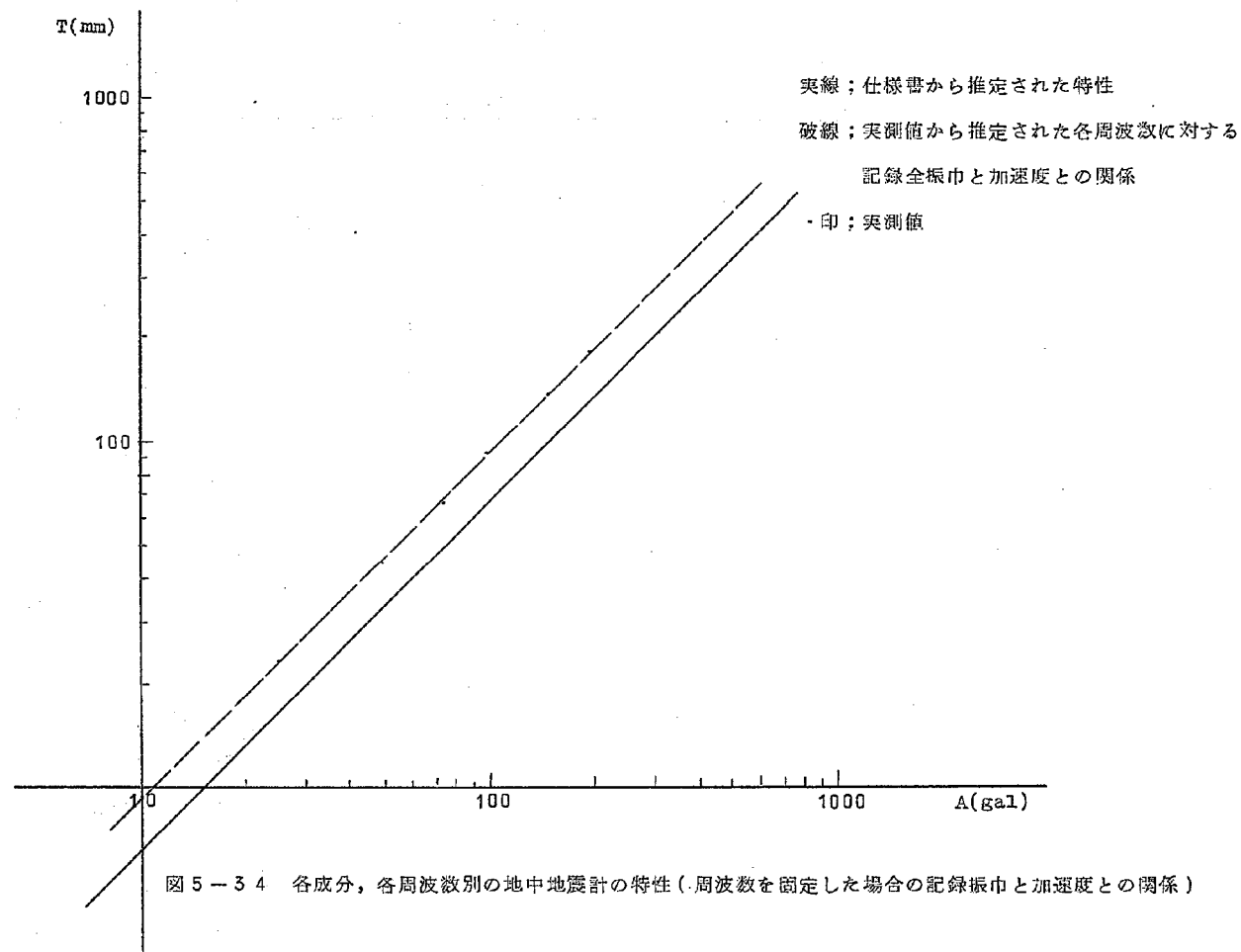


図 5-34 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

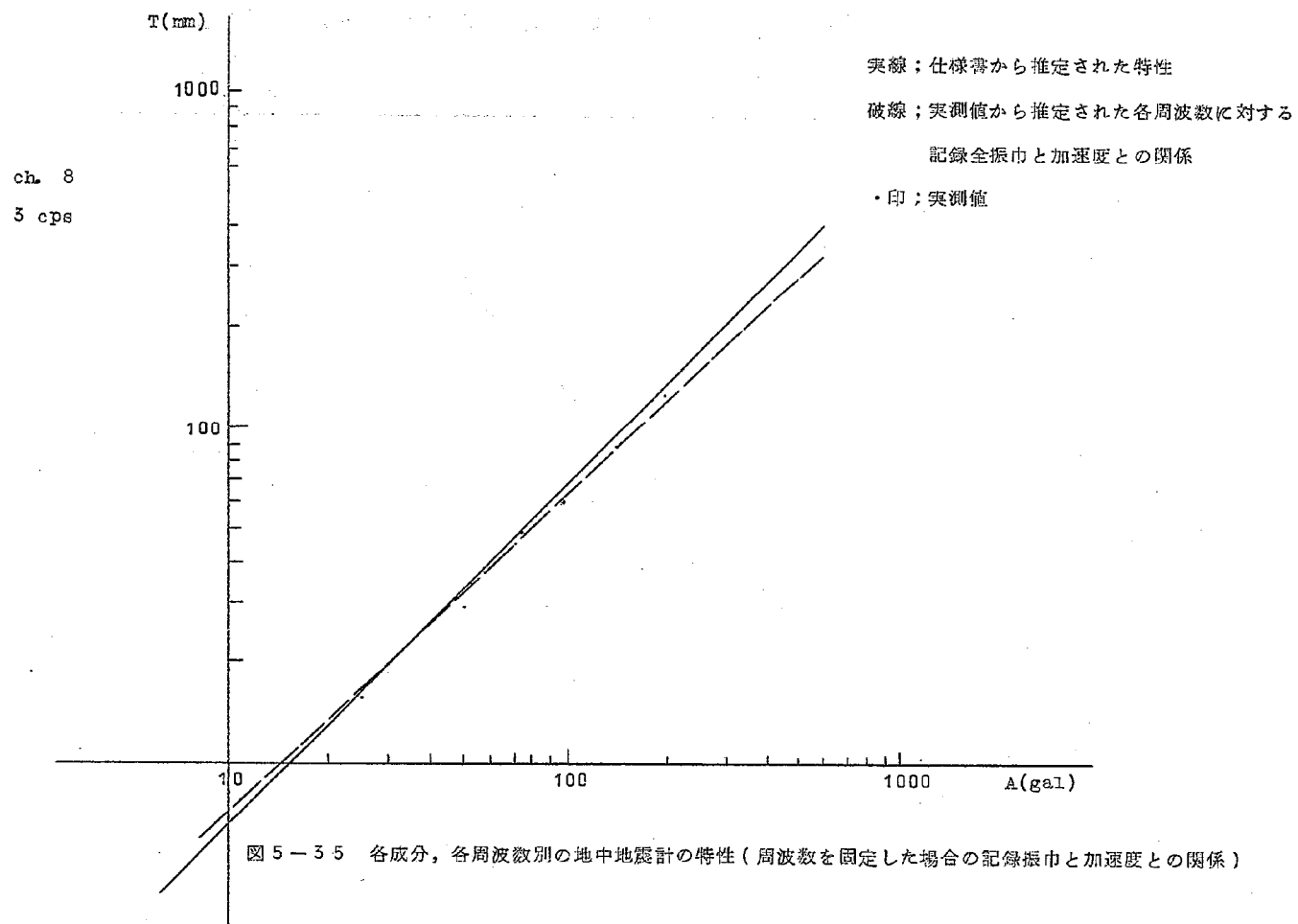


図 5-3.5 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

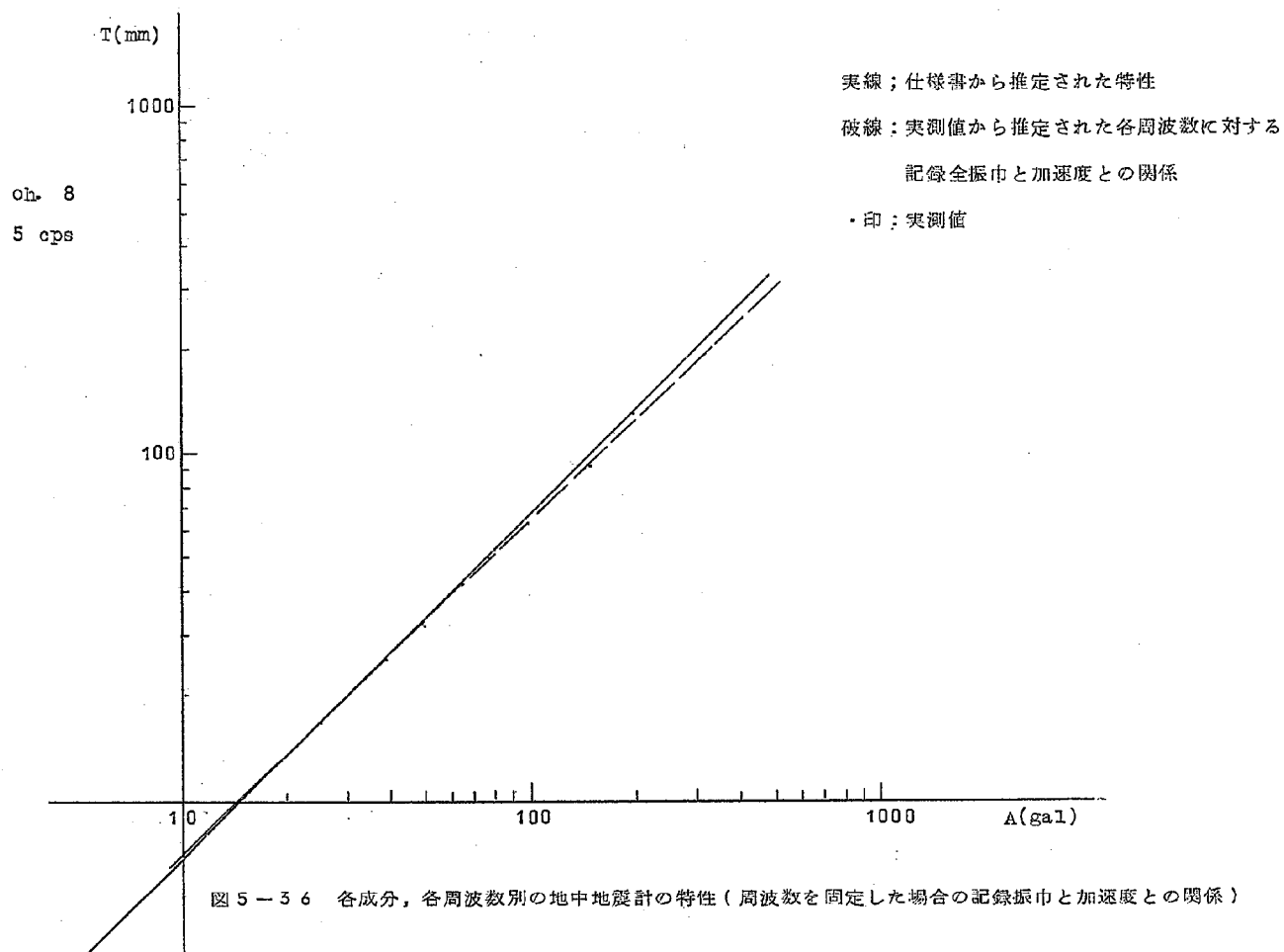


図 5-36 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

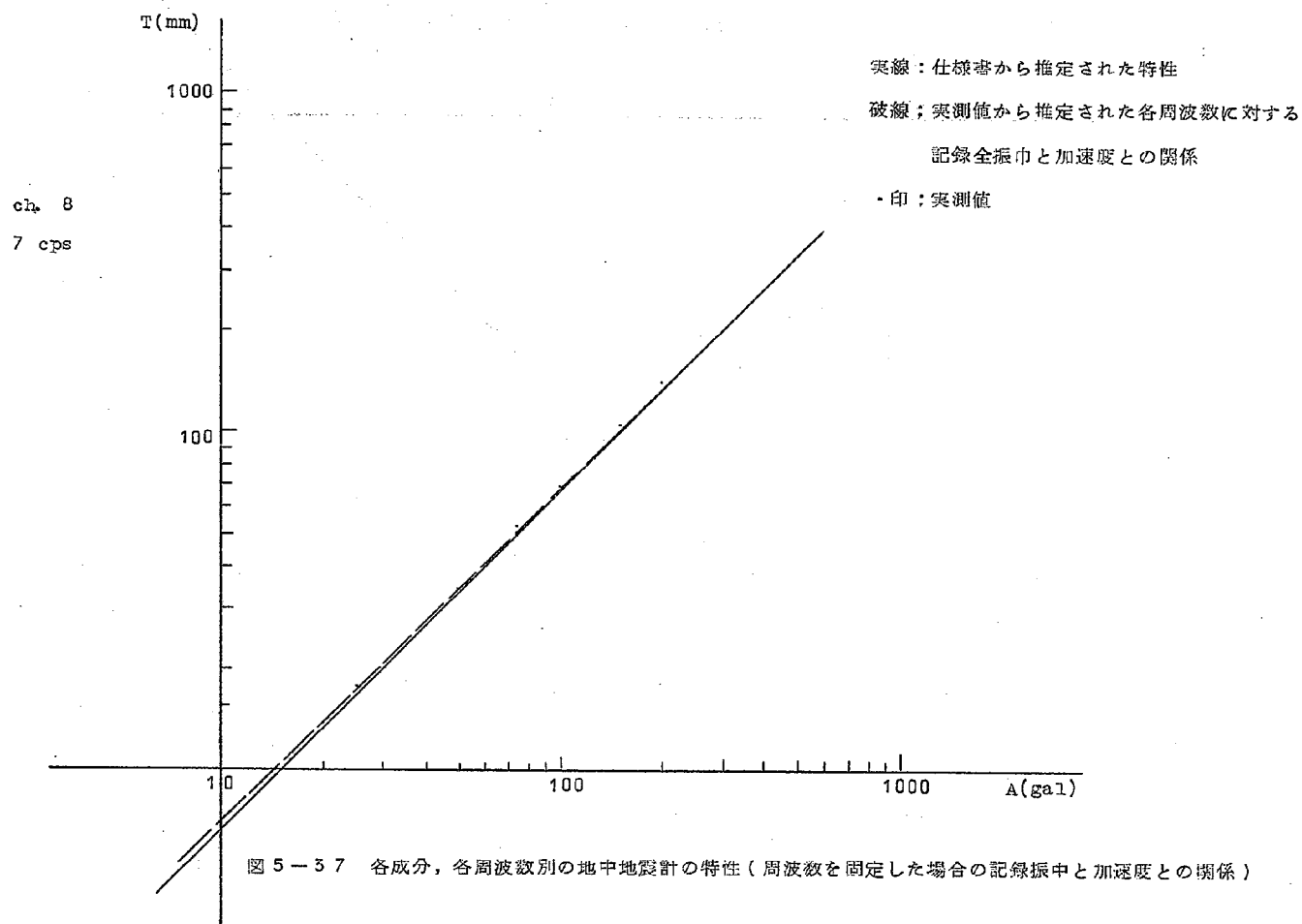


図 5-37 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

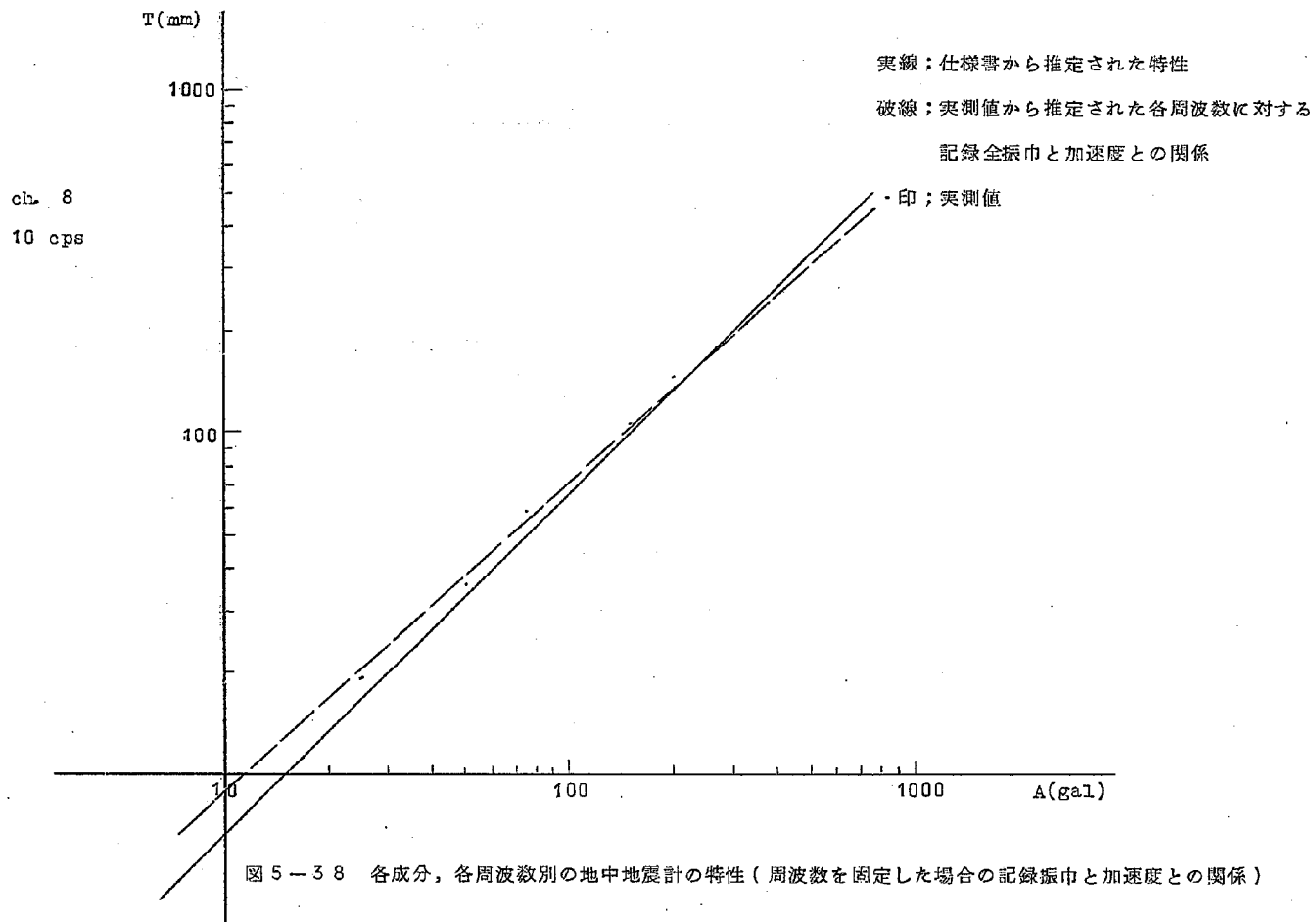


図 5-38 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

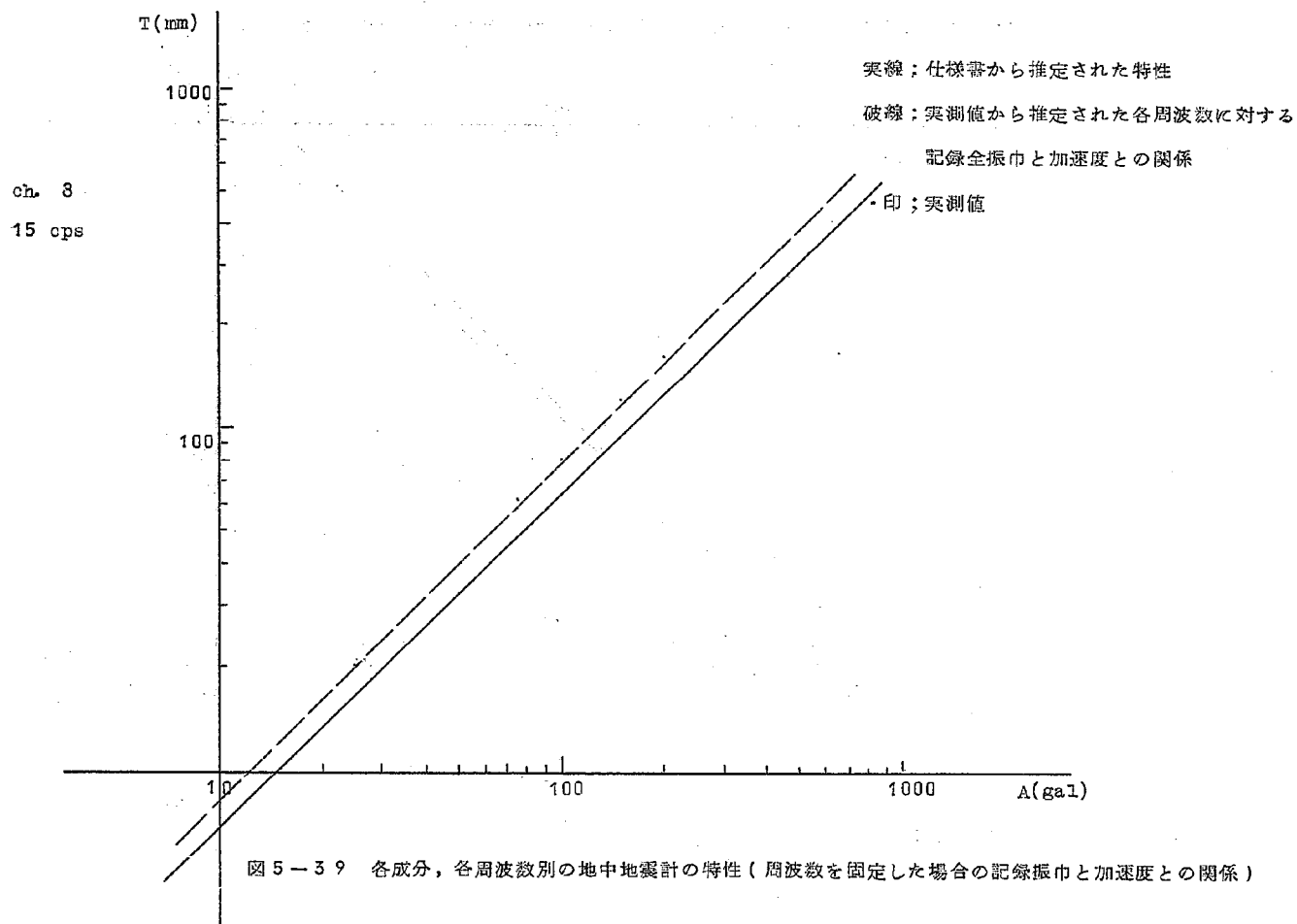
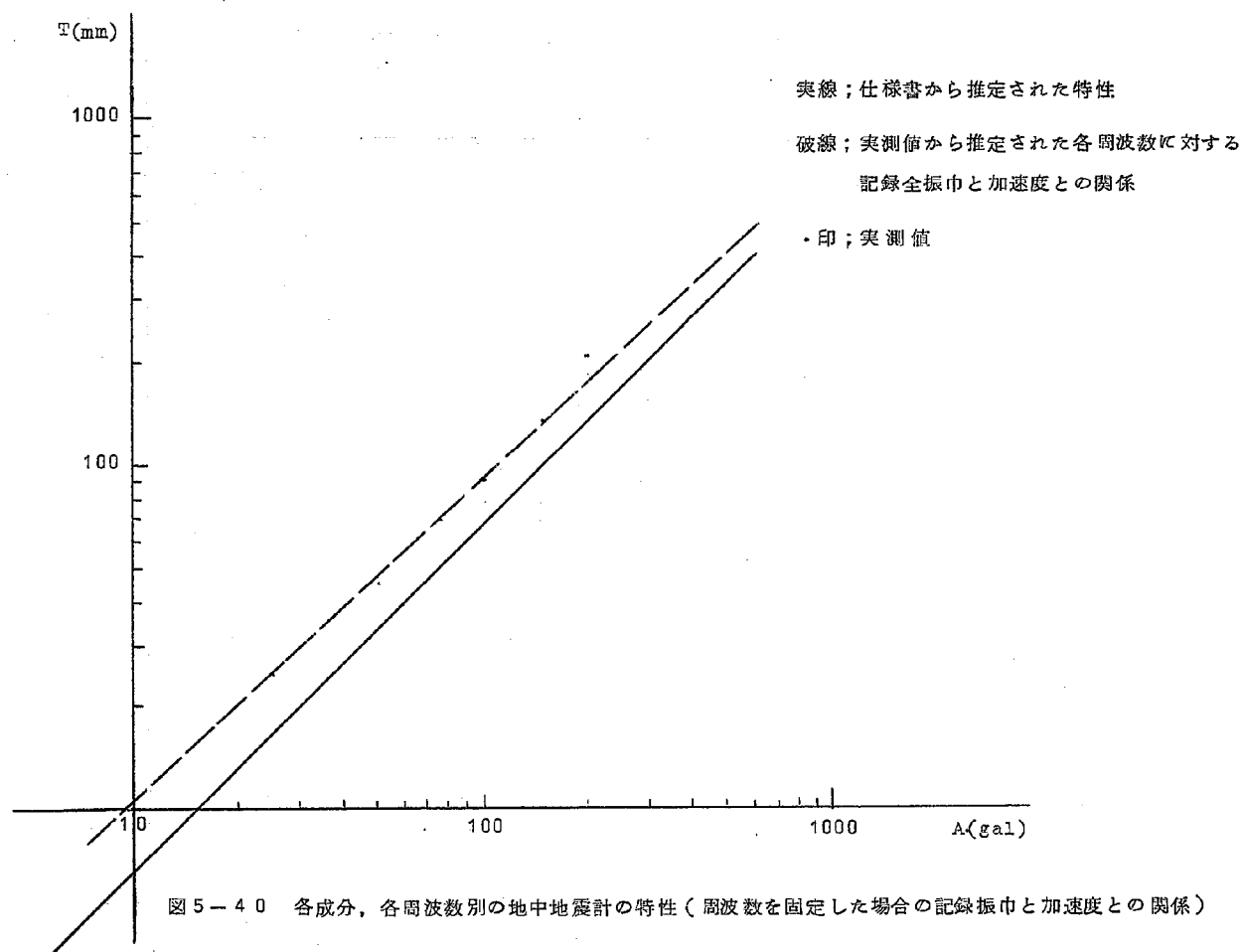


図 5-39 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 8
20 cps

-61-



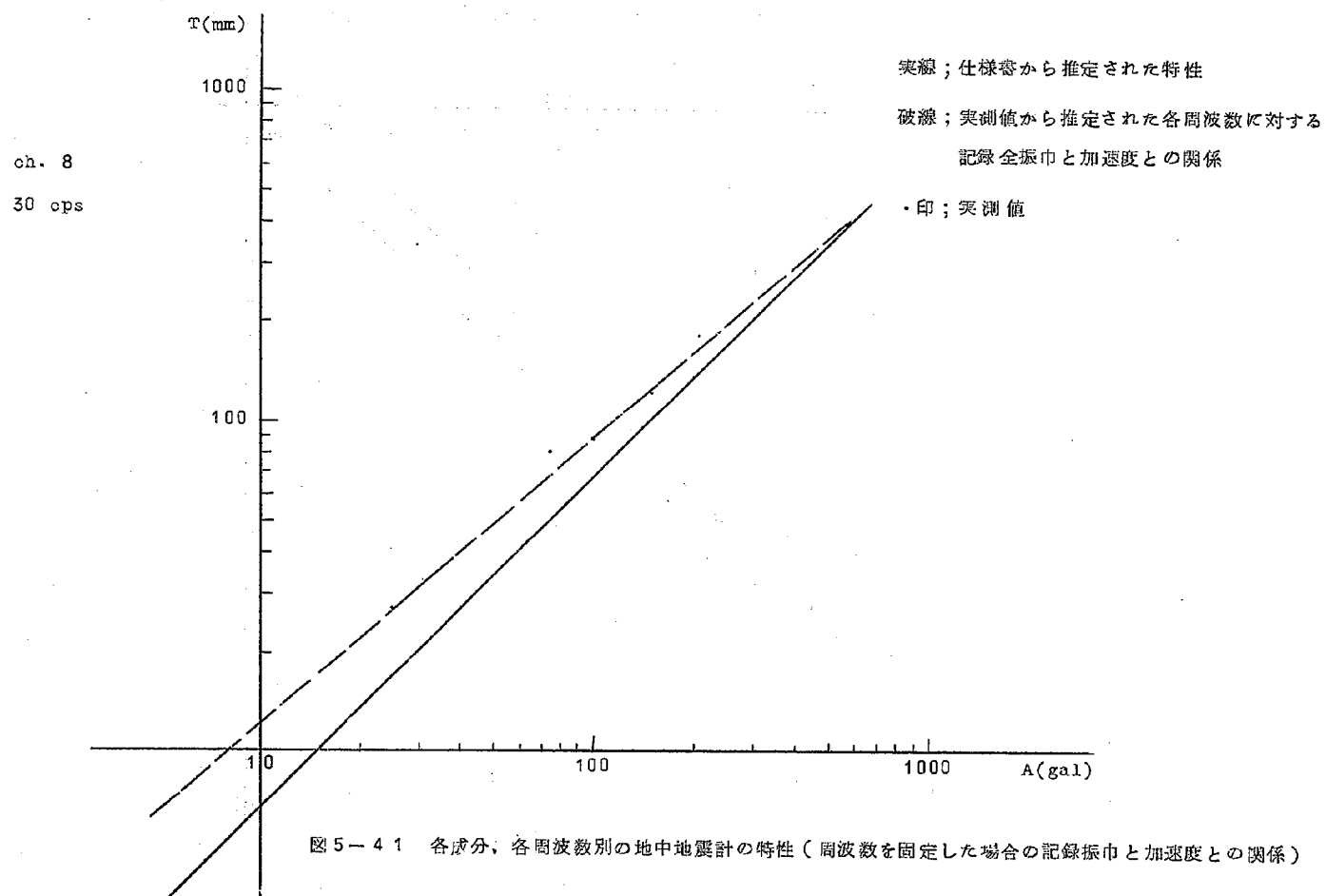
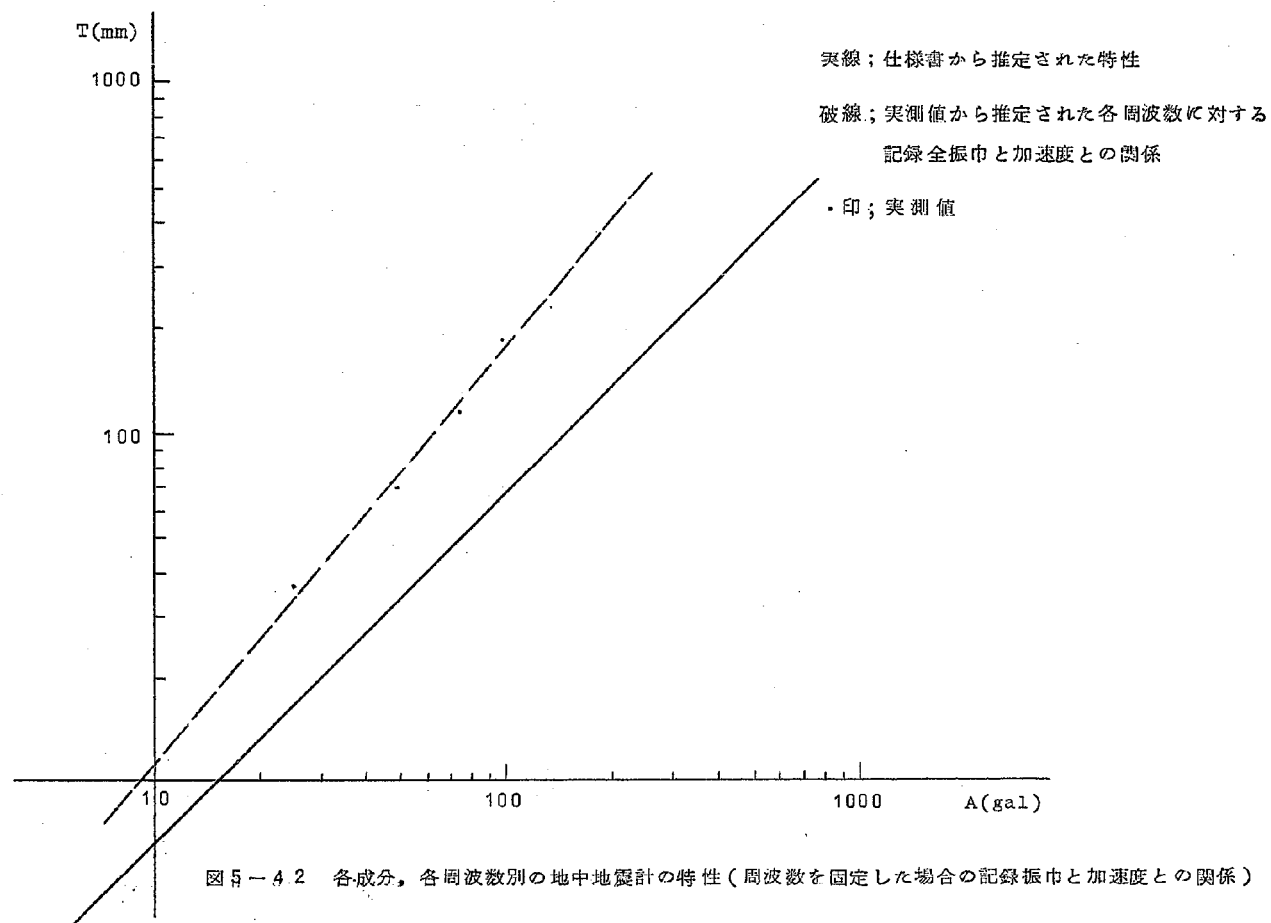
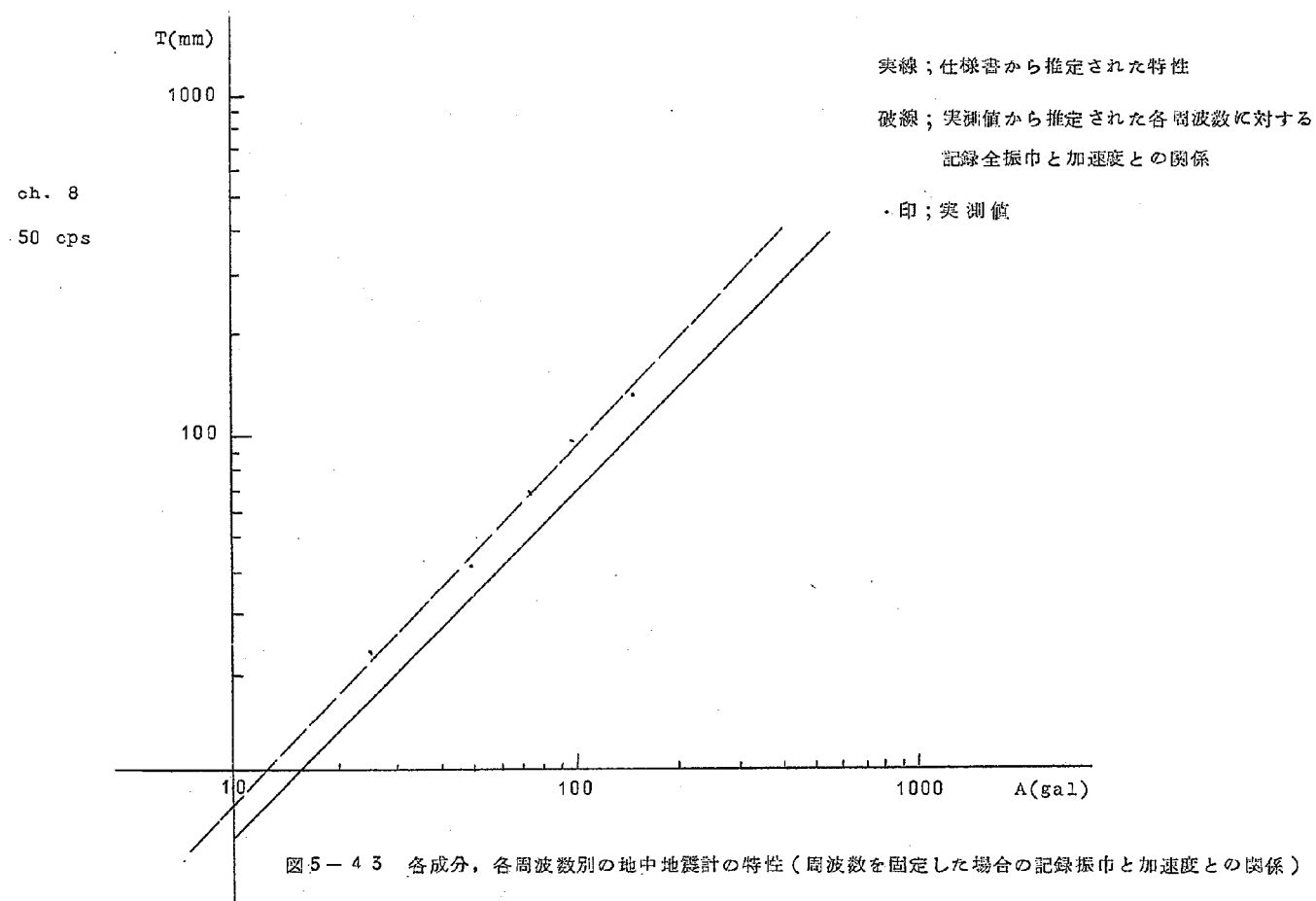


図5-41 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

Ch. 8
40 cps

—29—





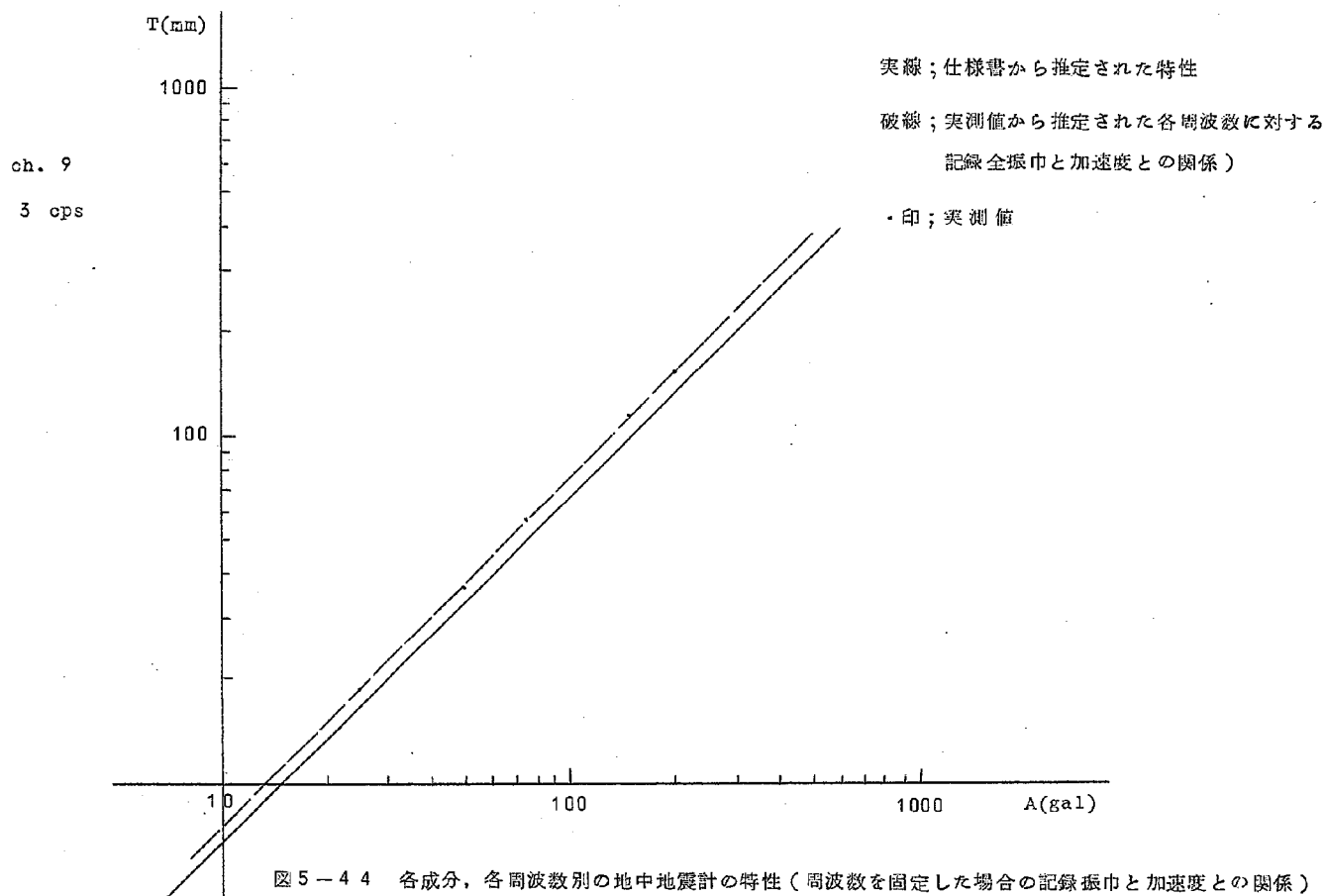


図 5-44 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

実線；仕様書から推定された特性
 破線；実測値から推定された各周波数に対する
 記録全振巾と加速度との関係
 ・印；実測値

図 5 - 4 5 各成分、各周波数の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

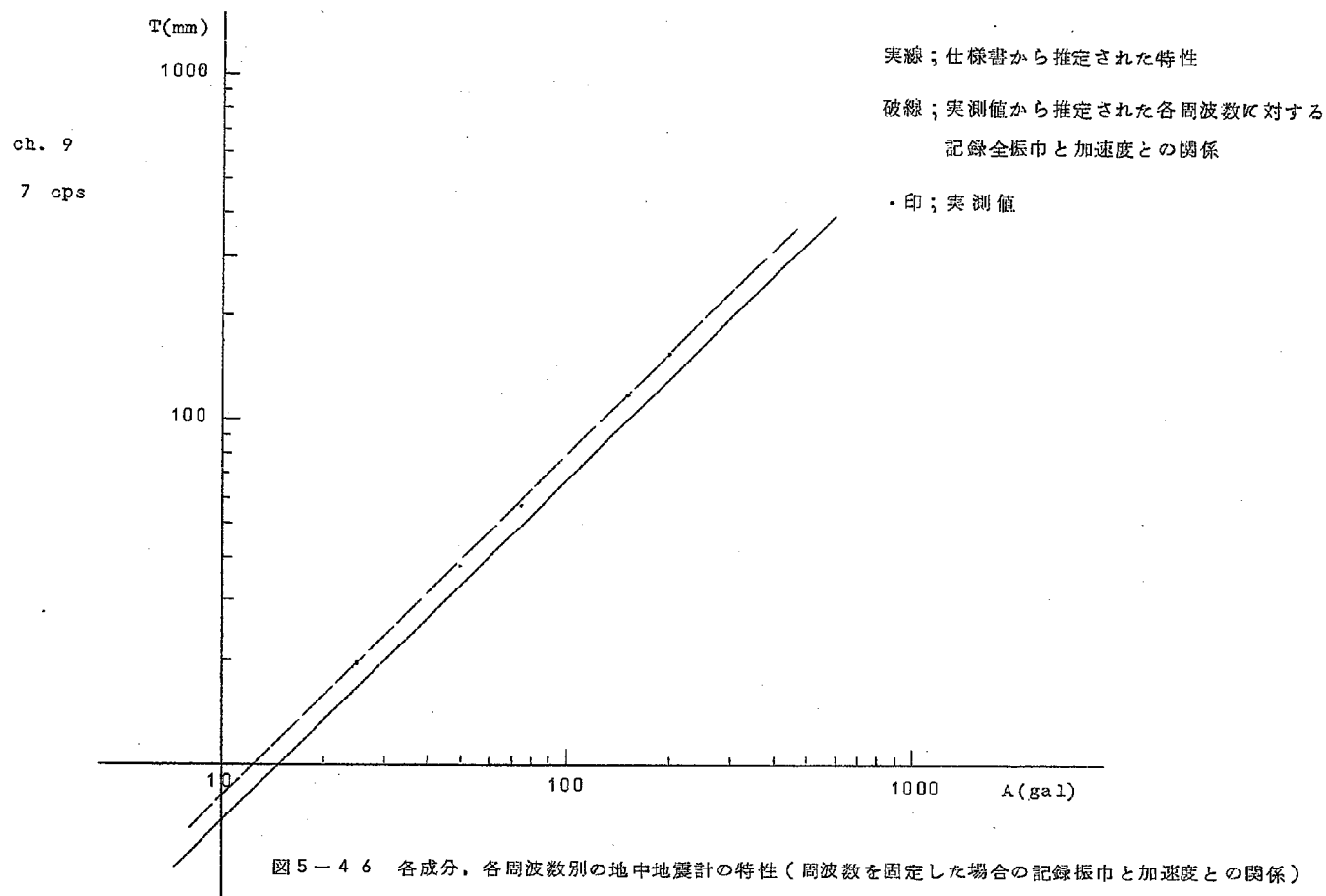
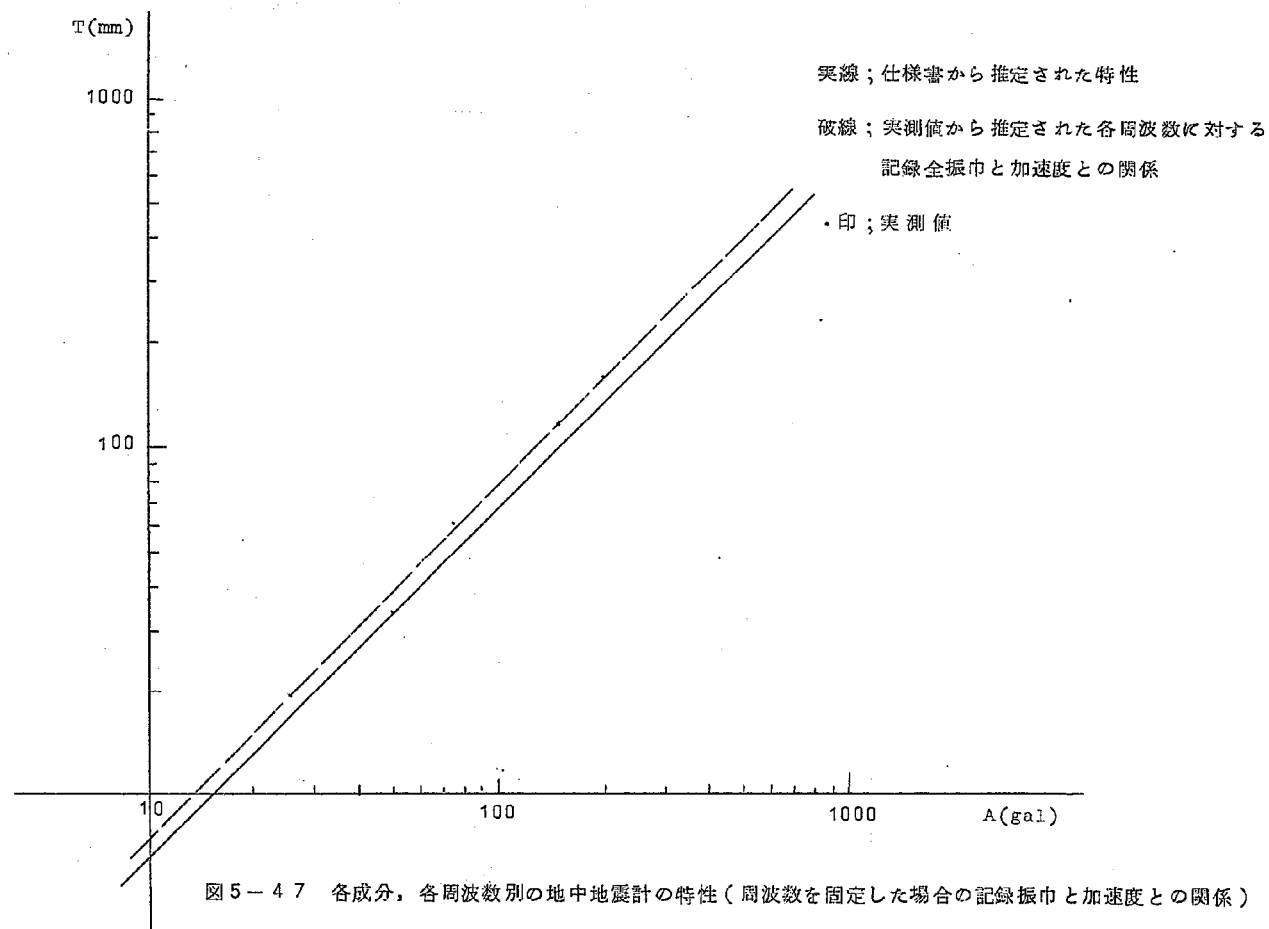
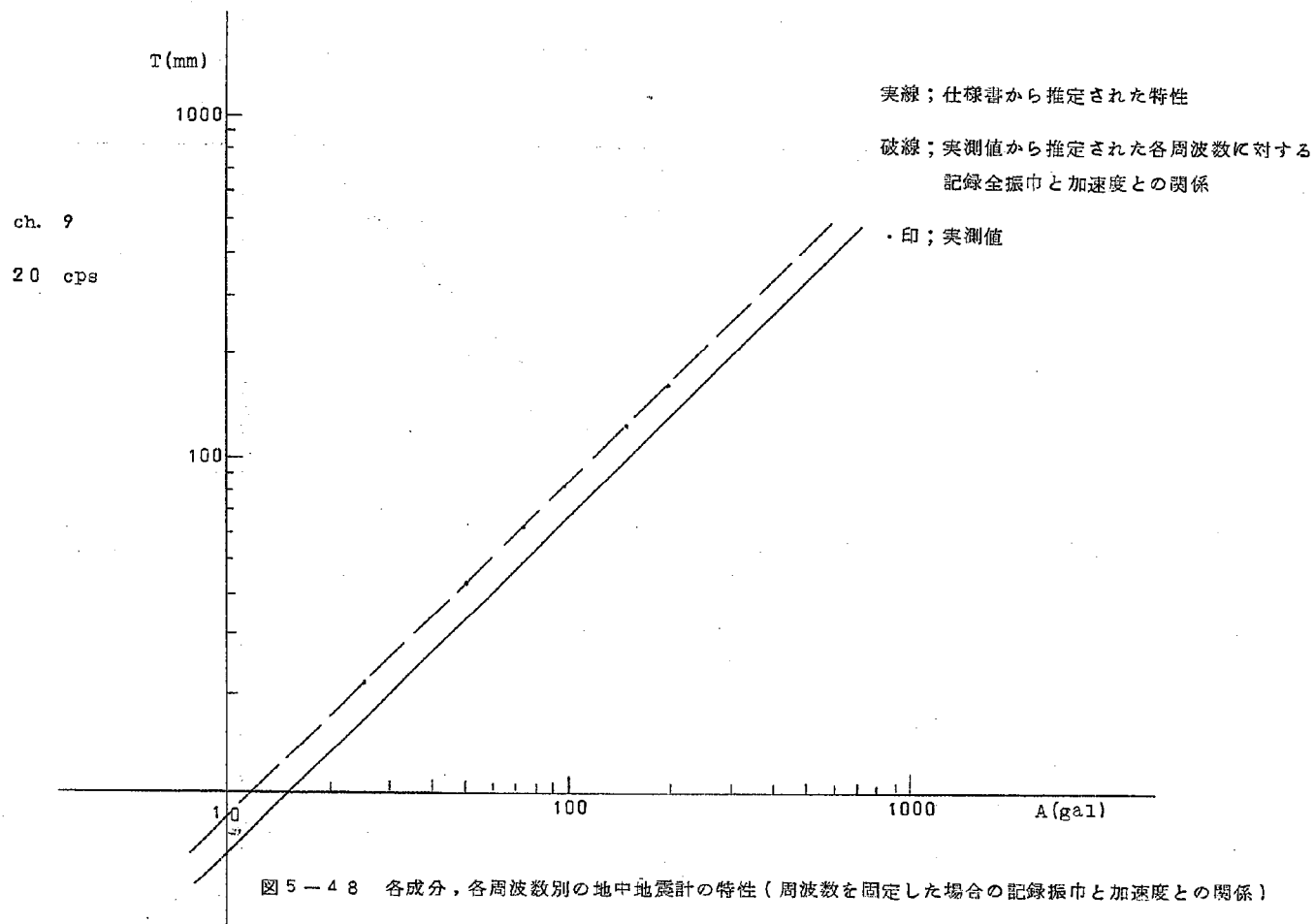


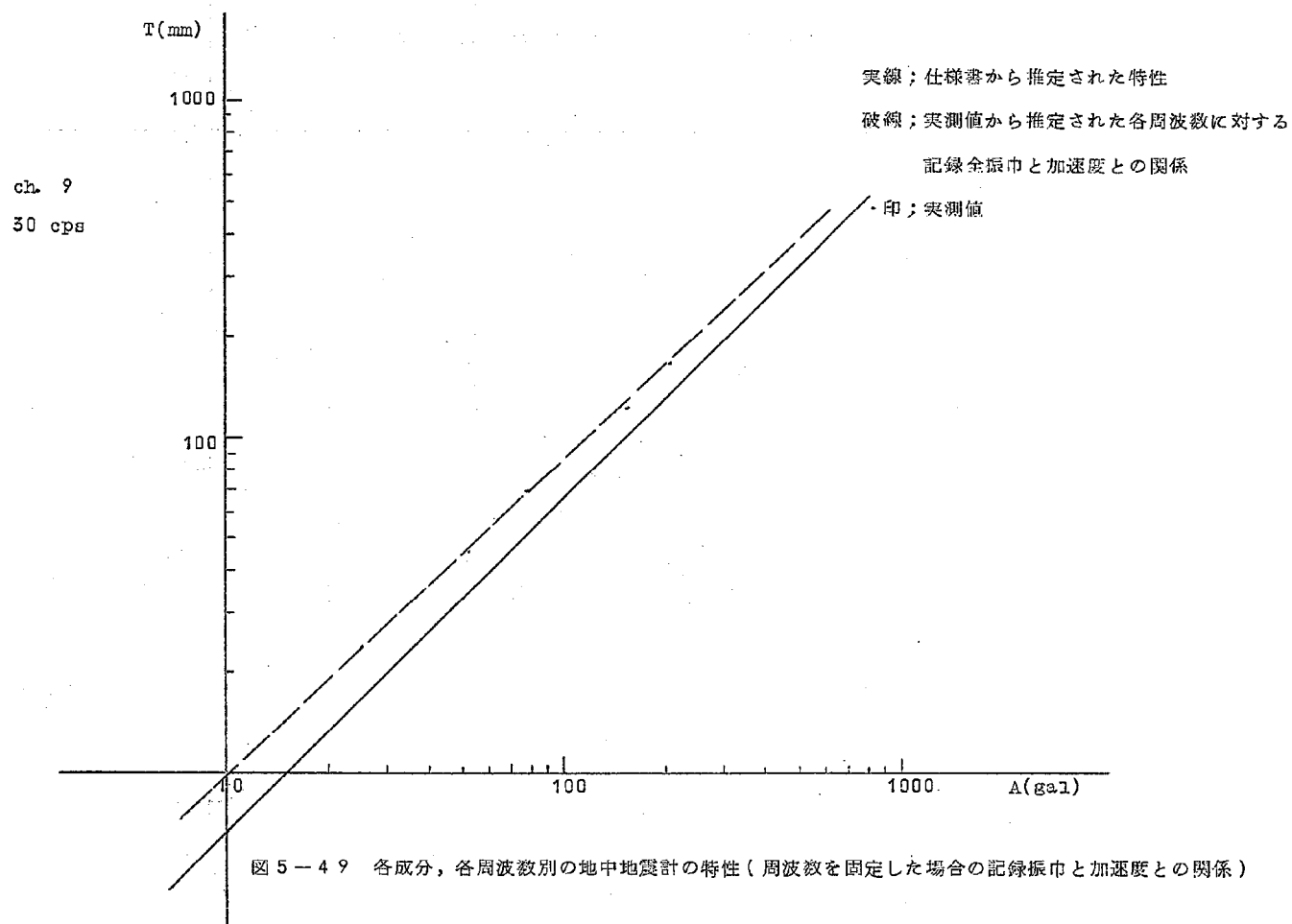
図5-46 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 9
10 cps

—89—







ch. 9
40 cps

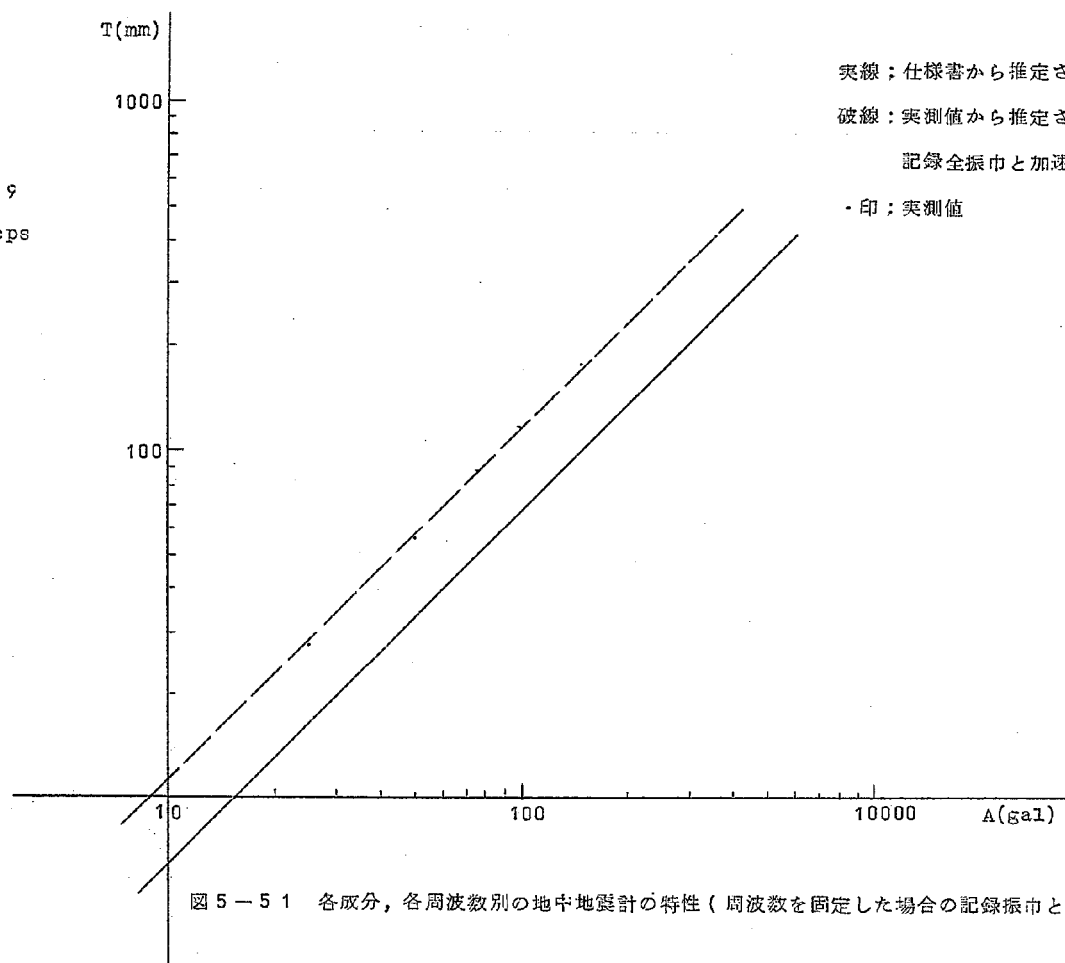


図 5-51 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

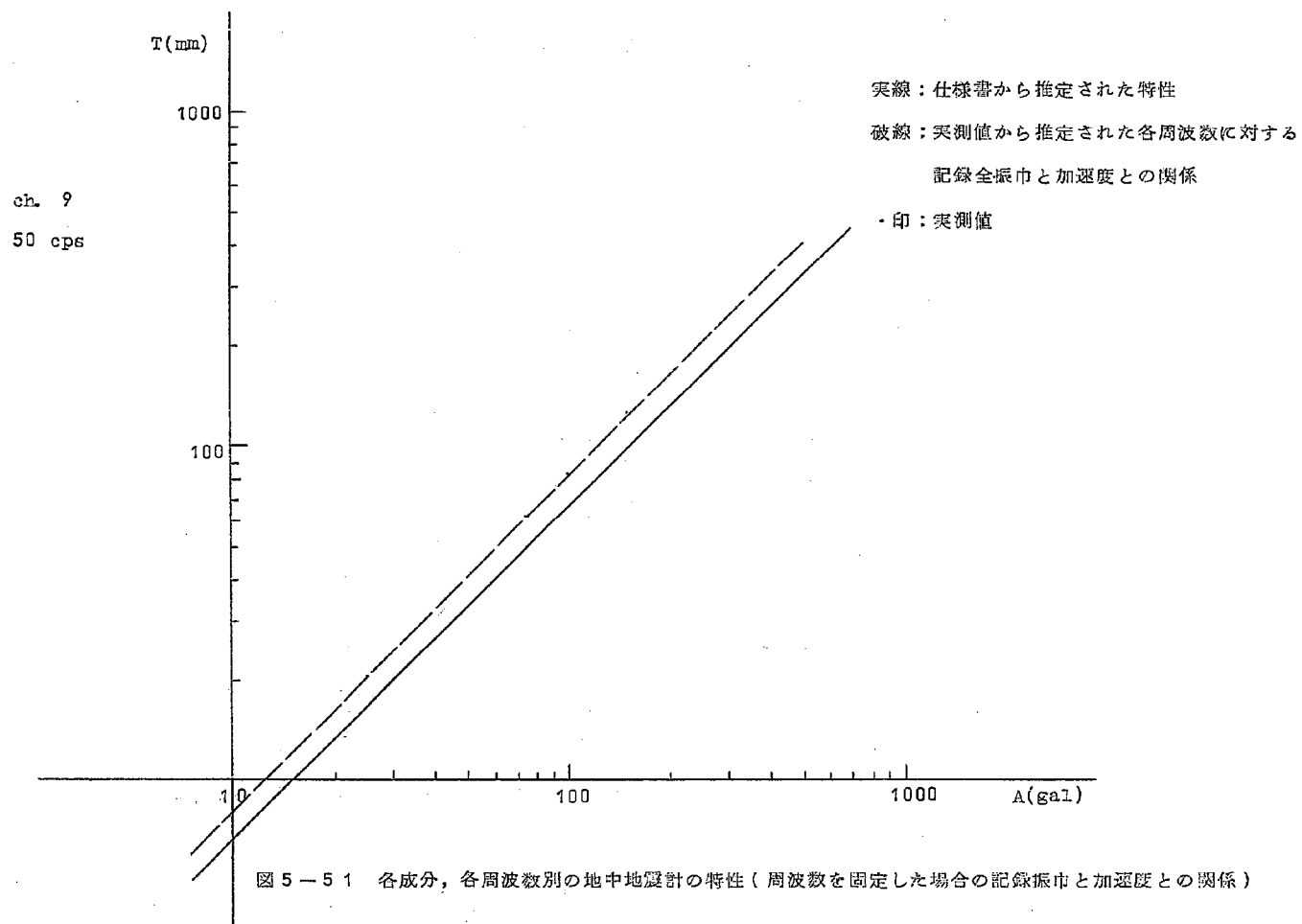


図 5-5 1 各成分、各周波数別の地中地震計の特性（周波数を固定した場合の記録振巾と加速度との関係）

ch. 2

-73-

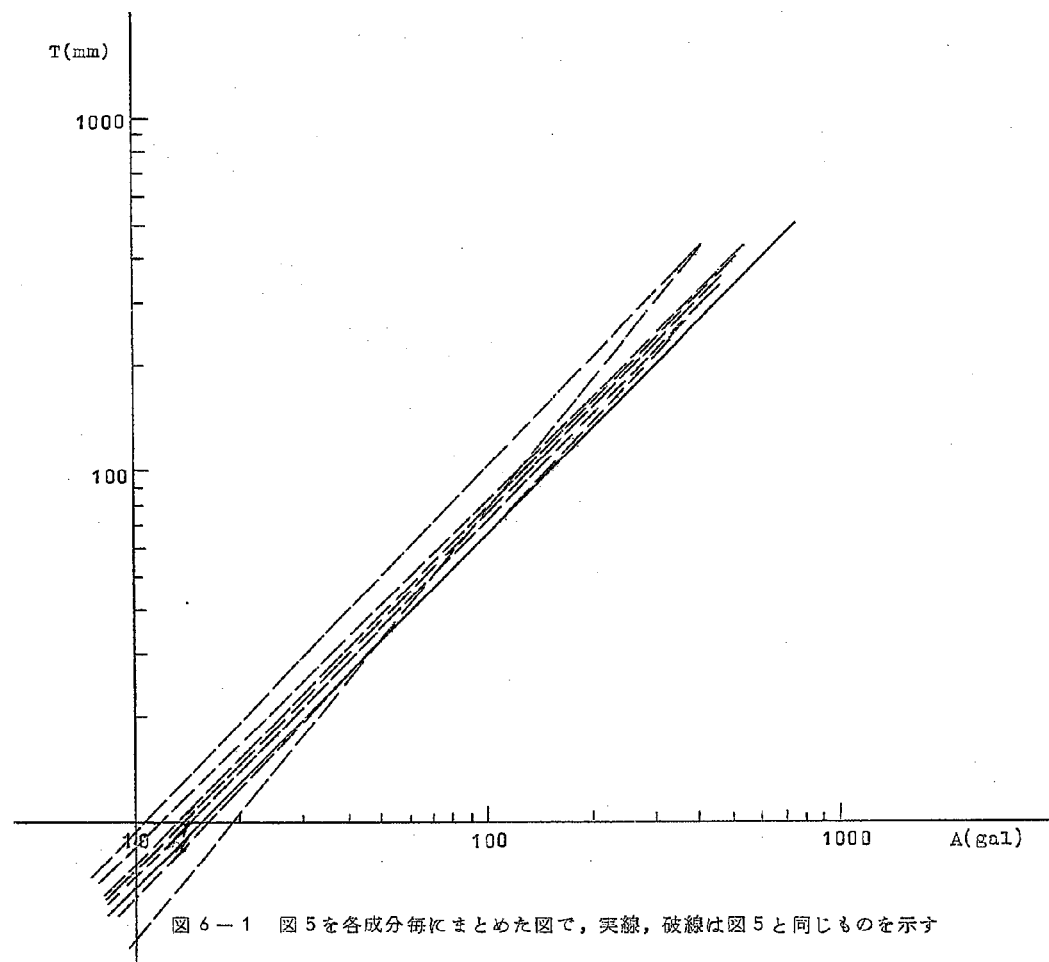


図 6-1 図 5 を各成分毎にまとめた図で、実線、破線は図 5 と同じものを示す

ch. 3

-74-

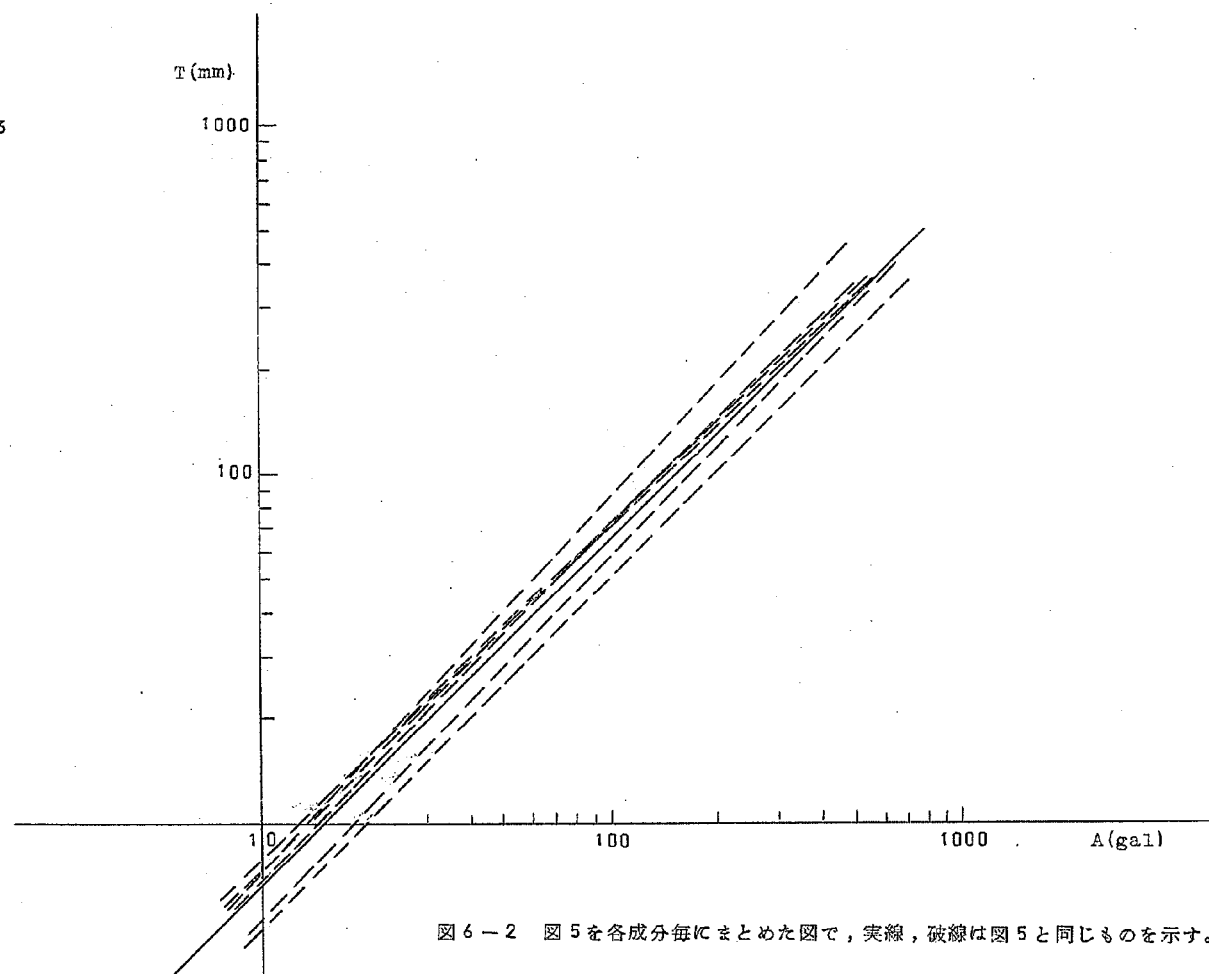


図 6-2 図 5 を各成分毎にまとめた図で、実線、破線は図 5 と同じものを示す。

ch. 5

-75-

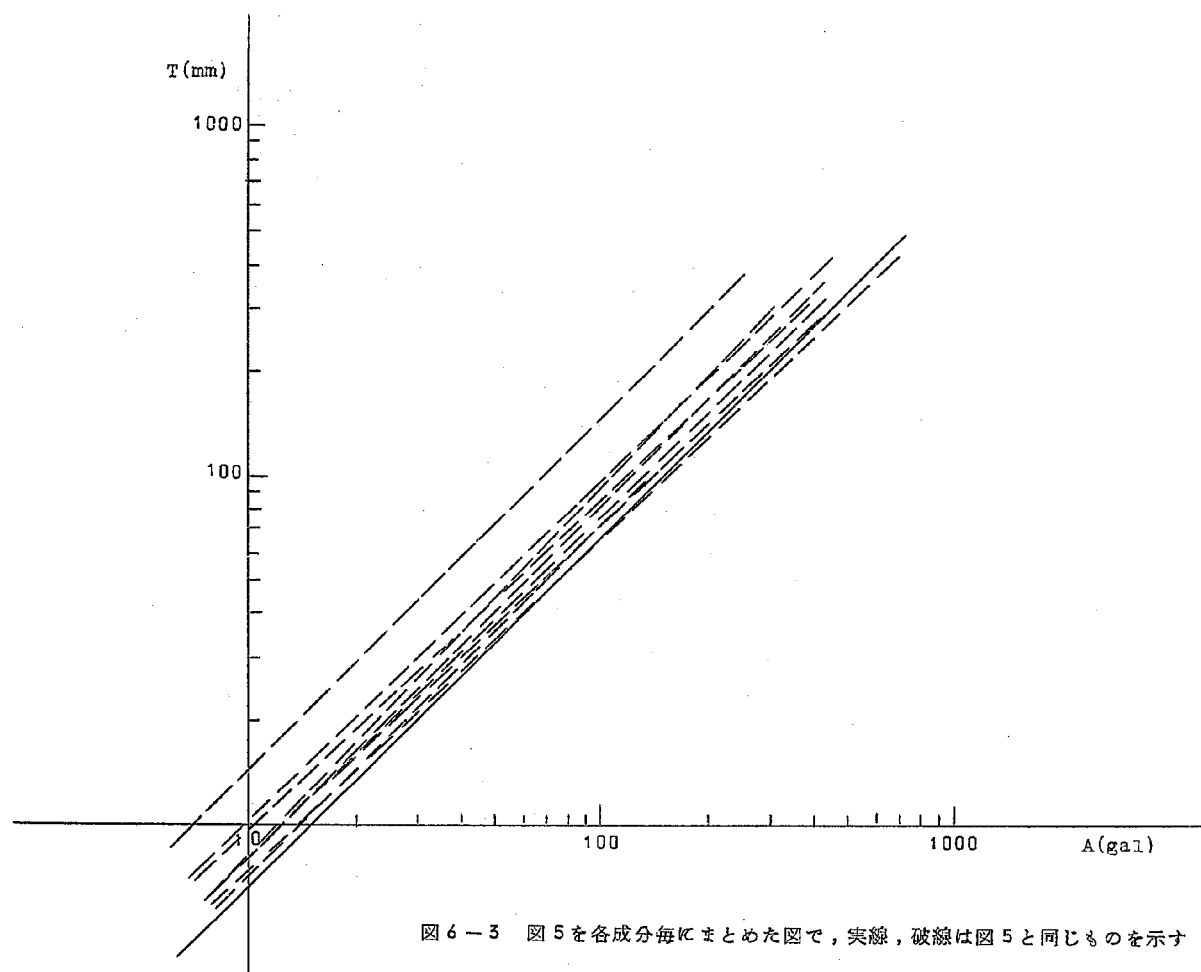


図 6-3 図 5 を各成分毎にまとめた図で、実線、破線は図 5 と同じものを示す

ch. 6

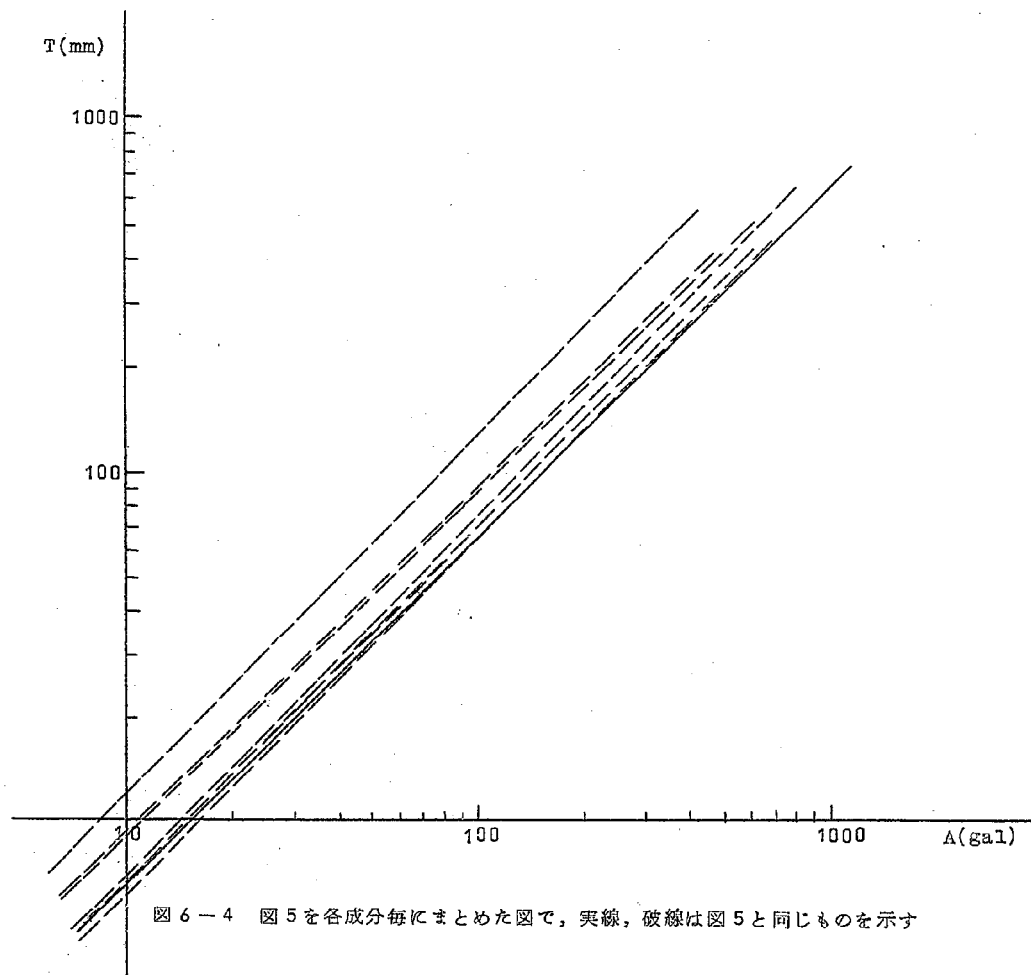


図 6-4 図 5 を各成分毎にまとめた図で、実線、破線は図 5 と同じものを示す

ch. 8

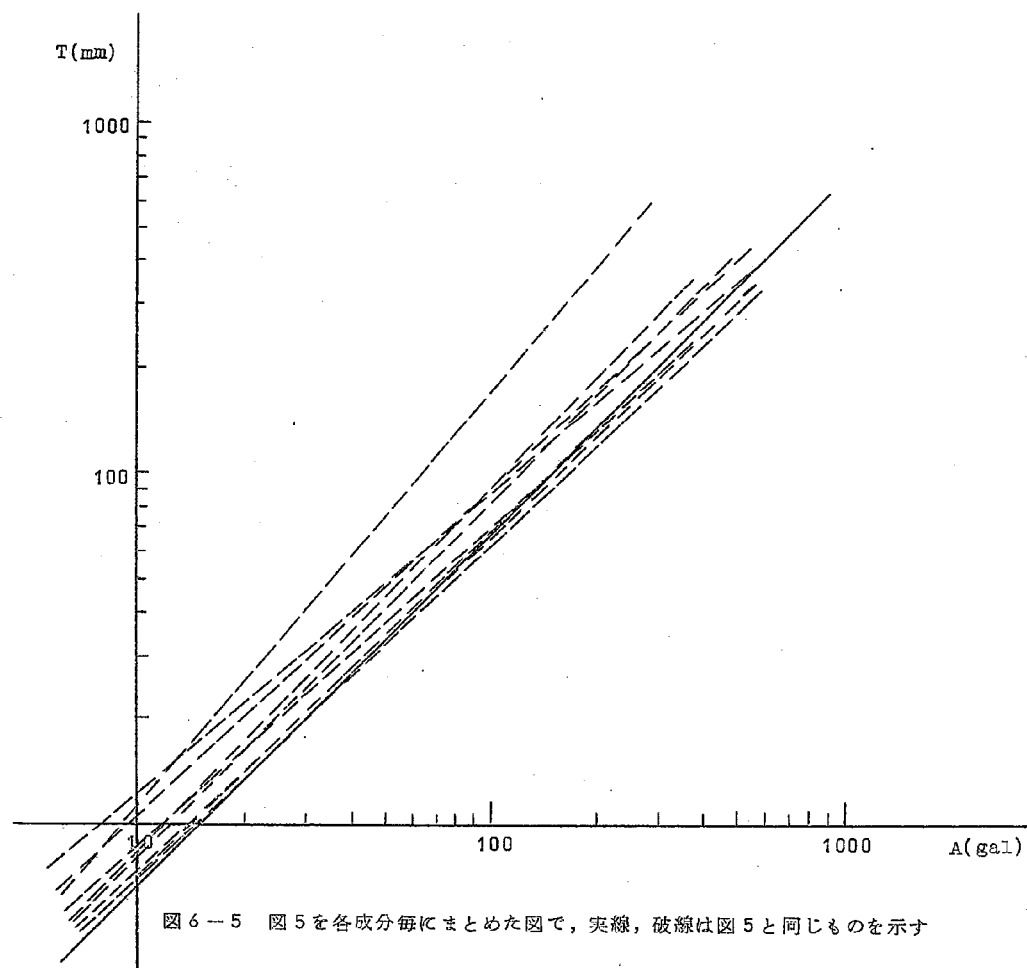


図 6-5 図 5 を各成分毎にまとめた図で、実線、破線は図 5 と同じものを示す

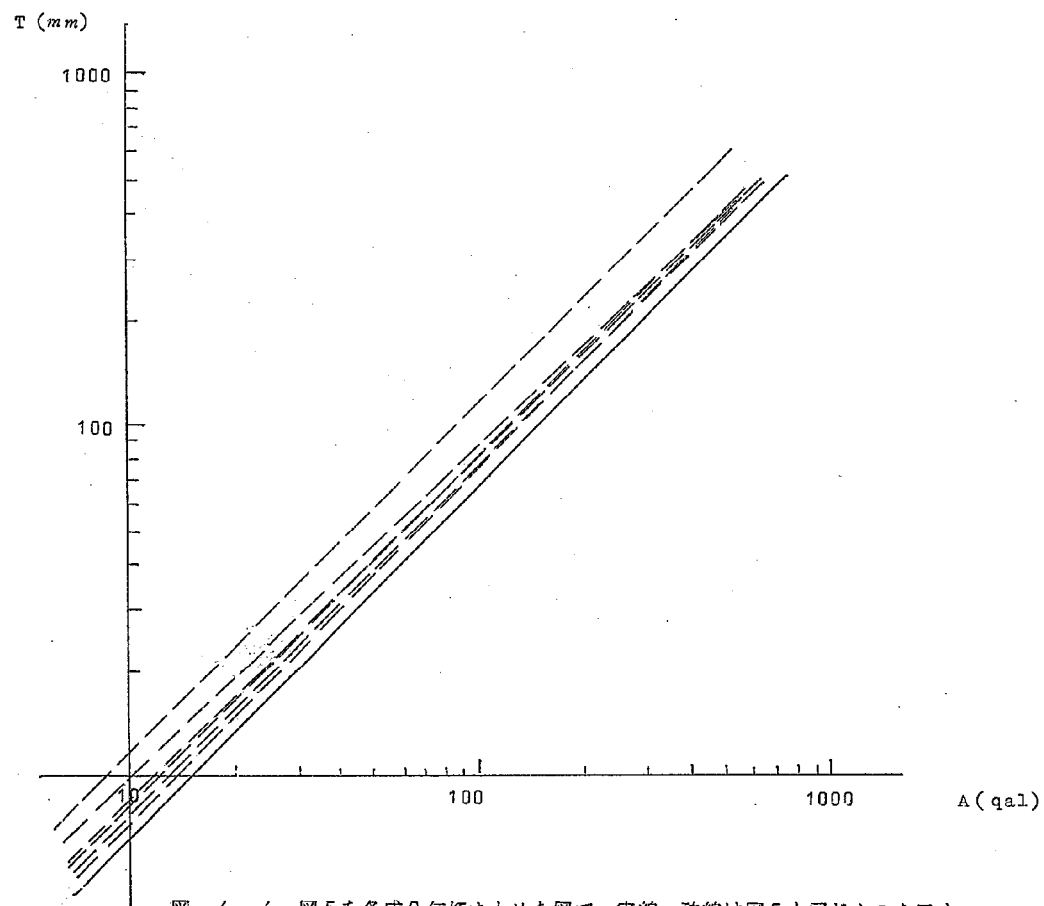


図-6-6 図5を各成分毎にまとめた図で、実線、破線は図5と同じものを示す。

(ch. 9)

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計、勾配 -2 の領域で変位計となる。

細い実線：仕様書による各加速度に対する記録全振巾

破線及び点線：実測値から推定された特性で、点線の部分は、実測値がない。

・印：実測値

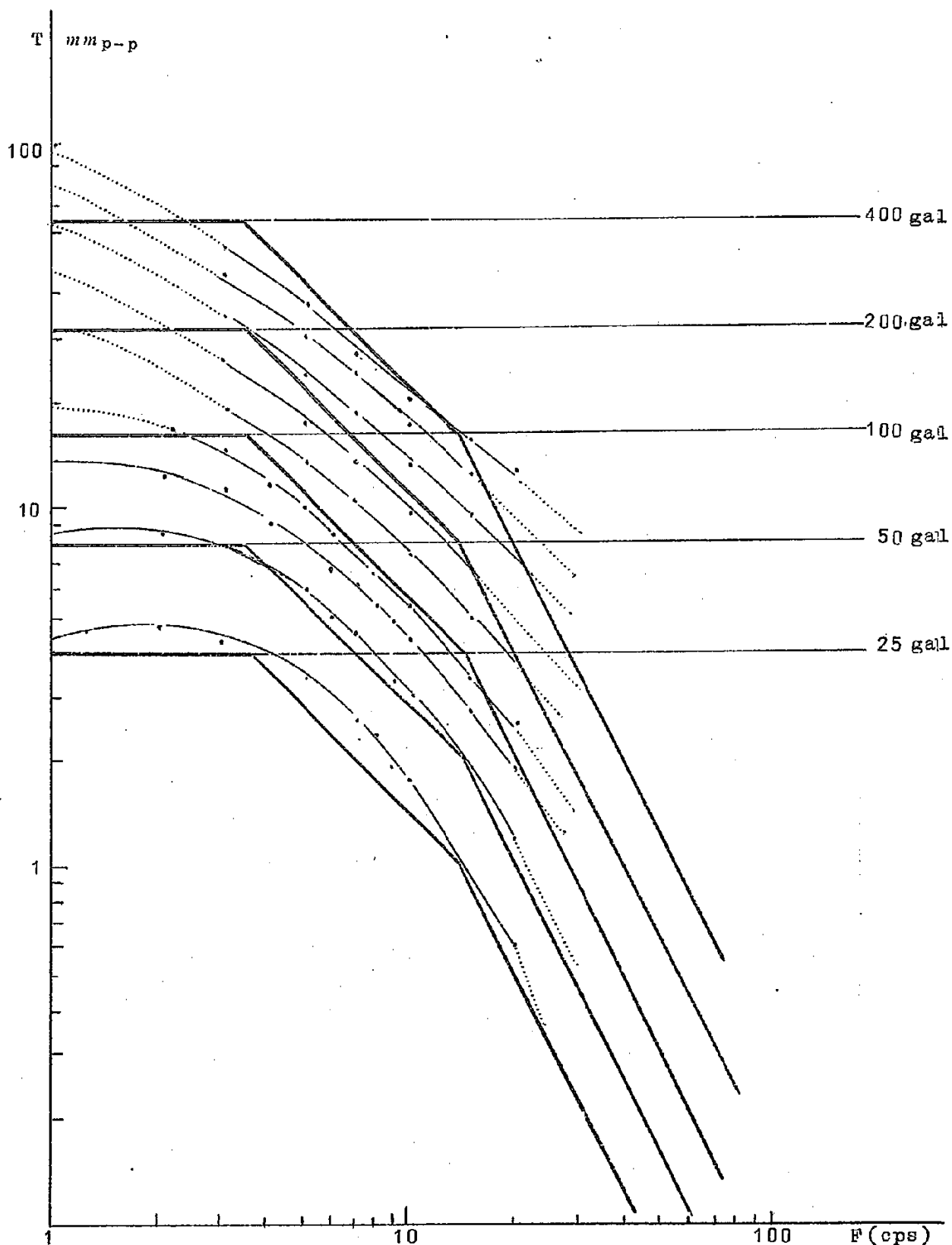


図-7(a) SMAC-D II 型の特性（加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係）（左右勤）

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計、勾配 -2 の領域で変位計となる。
 細い実線：仕様書による各加速度に対する記録全振巾。
 破線及び点線：実測値から推定された特性で、点線の部分は、実測値がない。

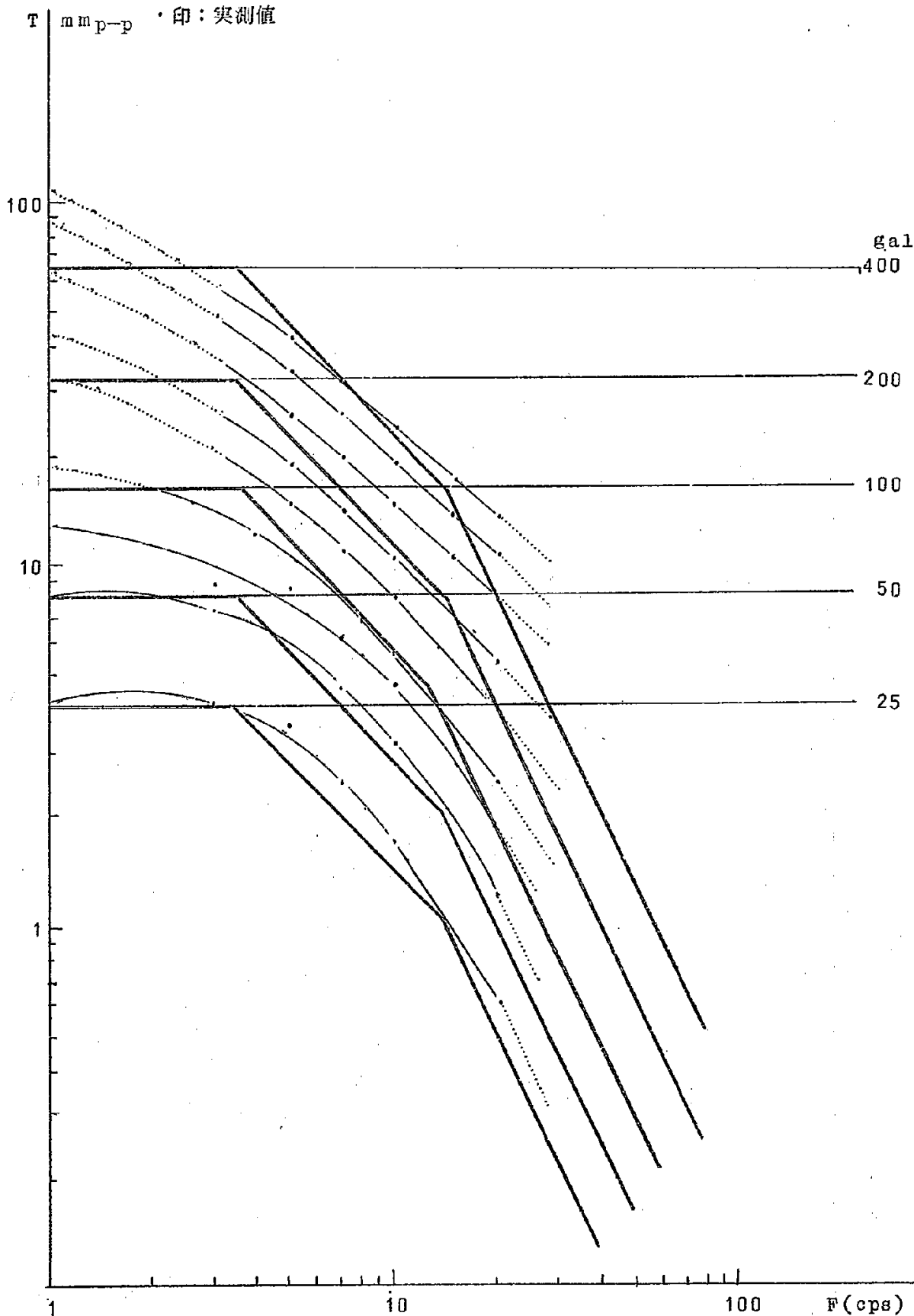


図-7(b) SMAC-B II 型の特性 (加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係) (前後動)

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計となる。

細い実線：仕様書による各加速度に対する記録振巾

・印：実測値

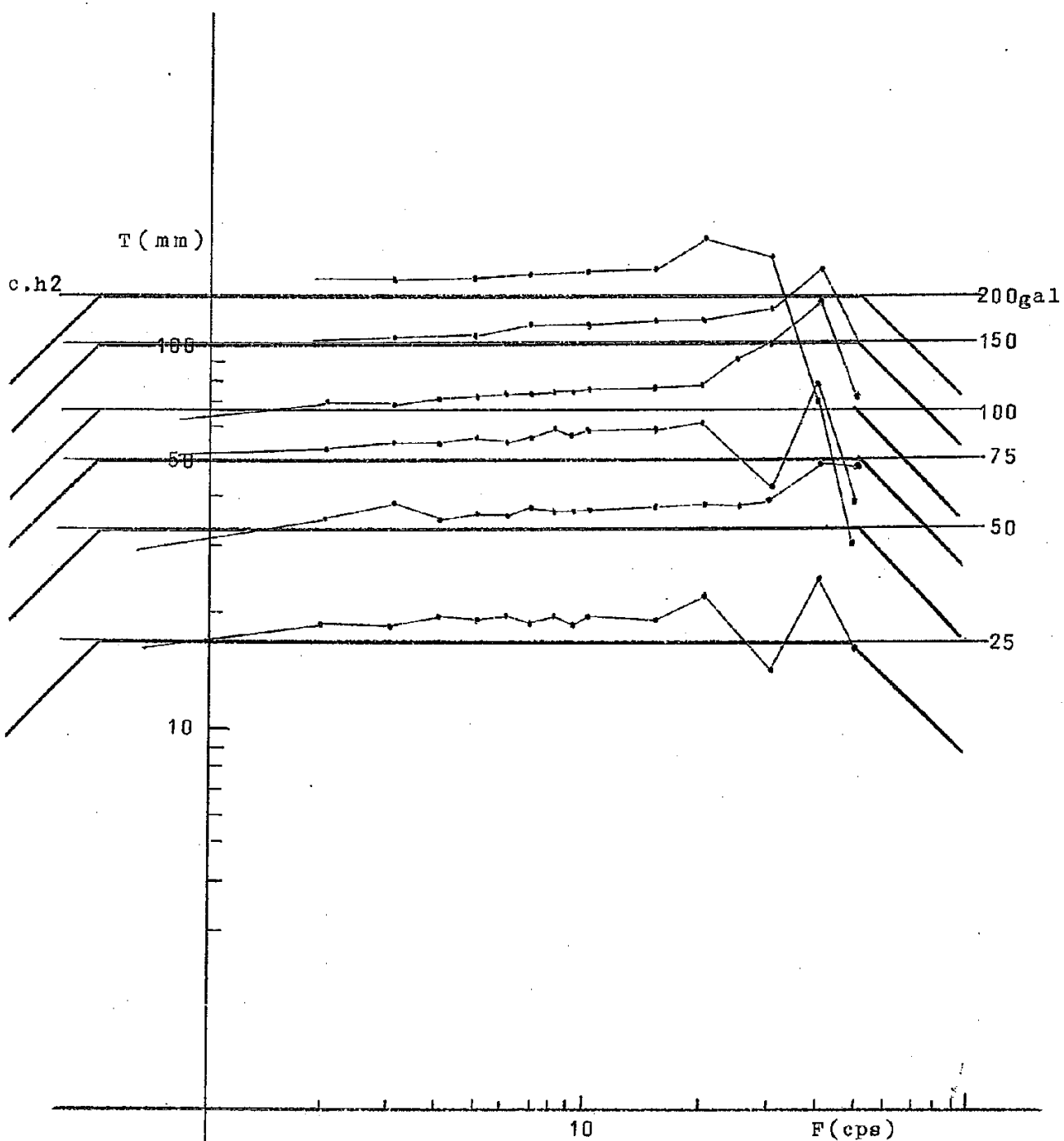


図-8(1) 地中地震計の特性 (加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係)

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計となる。
 細い実線：仕様書による各加速度に対する記録振巾。
 ・印：実測値

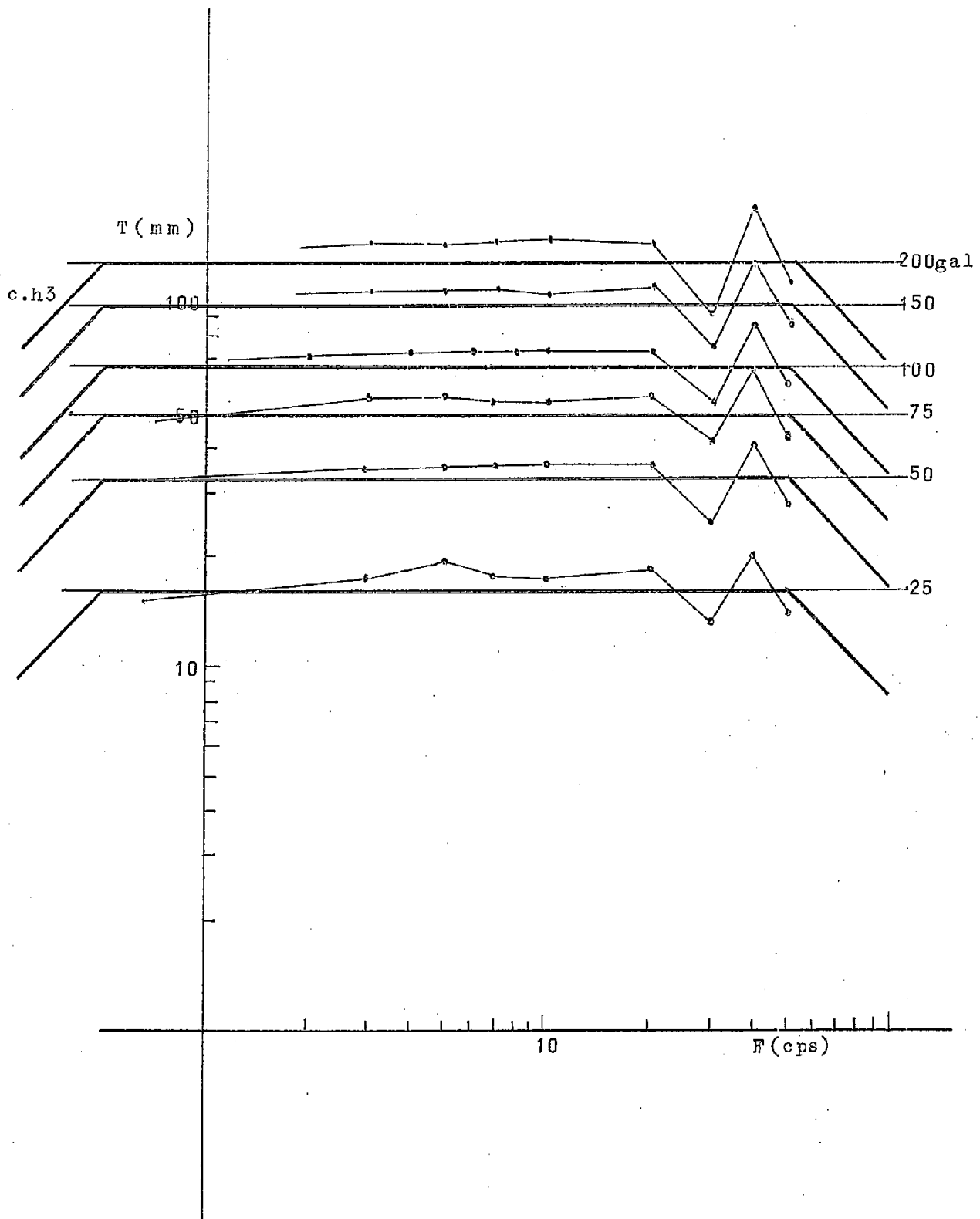


図-8(2) 地中地震計の特性(加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係)

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計となる。

細い実線：仕様書による各加速度に対する記録振巾。

・印：実測値

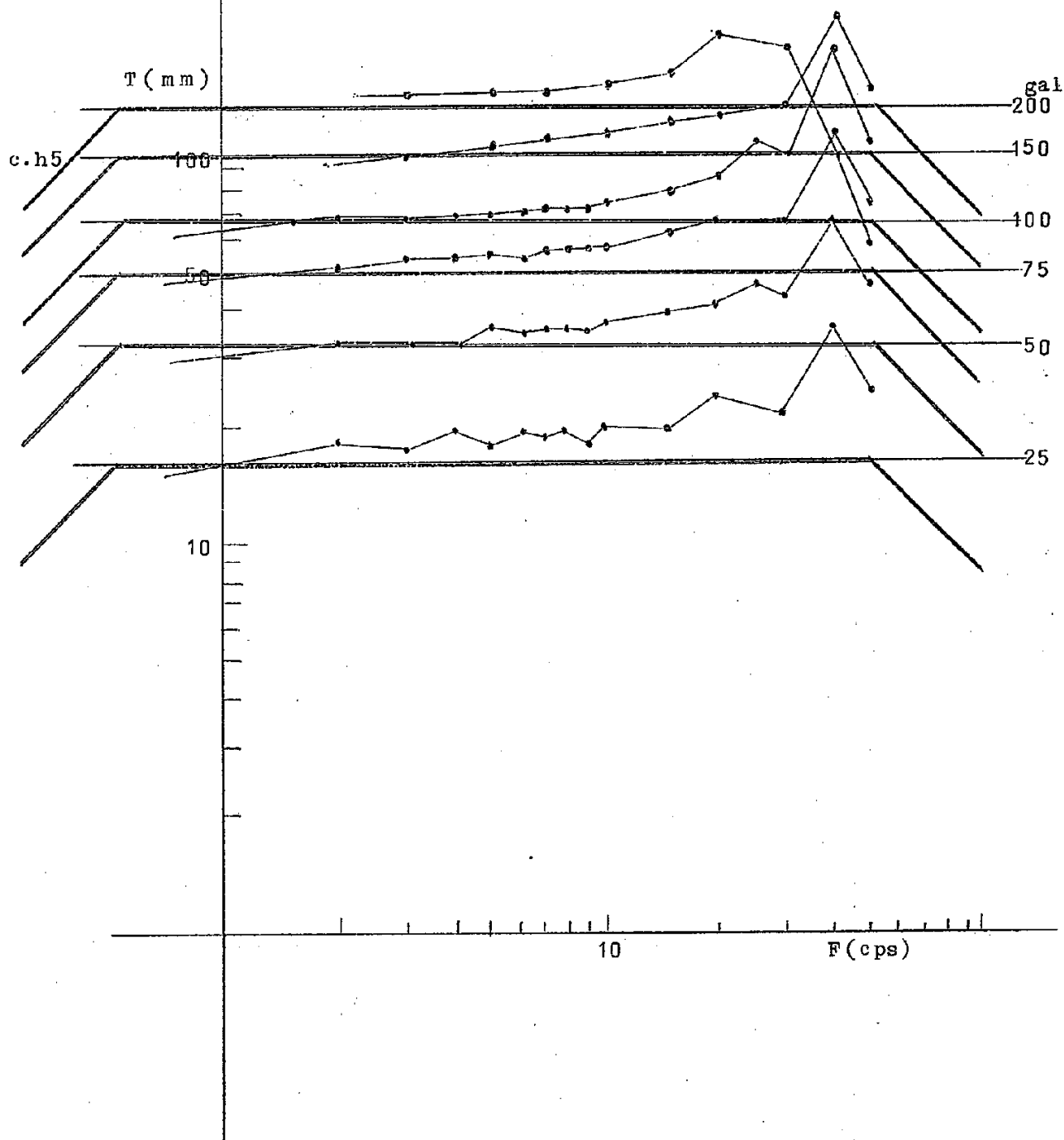


図-8(3) 地中地震計の特性 (加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係)

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計となる。

細い実線：仕様書による各加速度に対する記録振巾。

・印：実測値

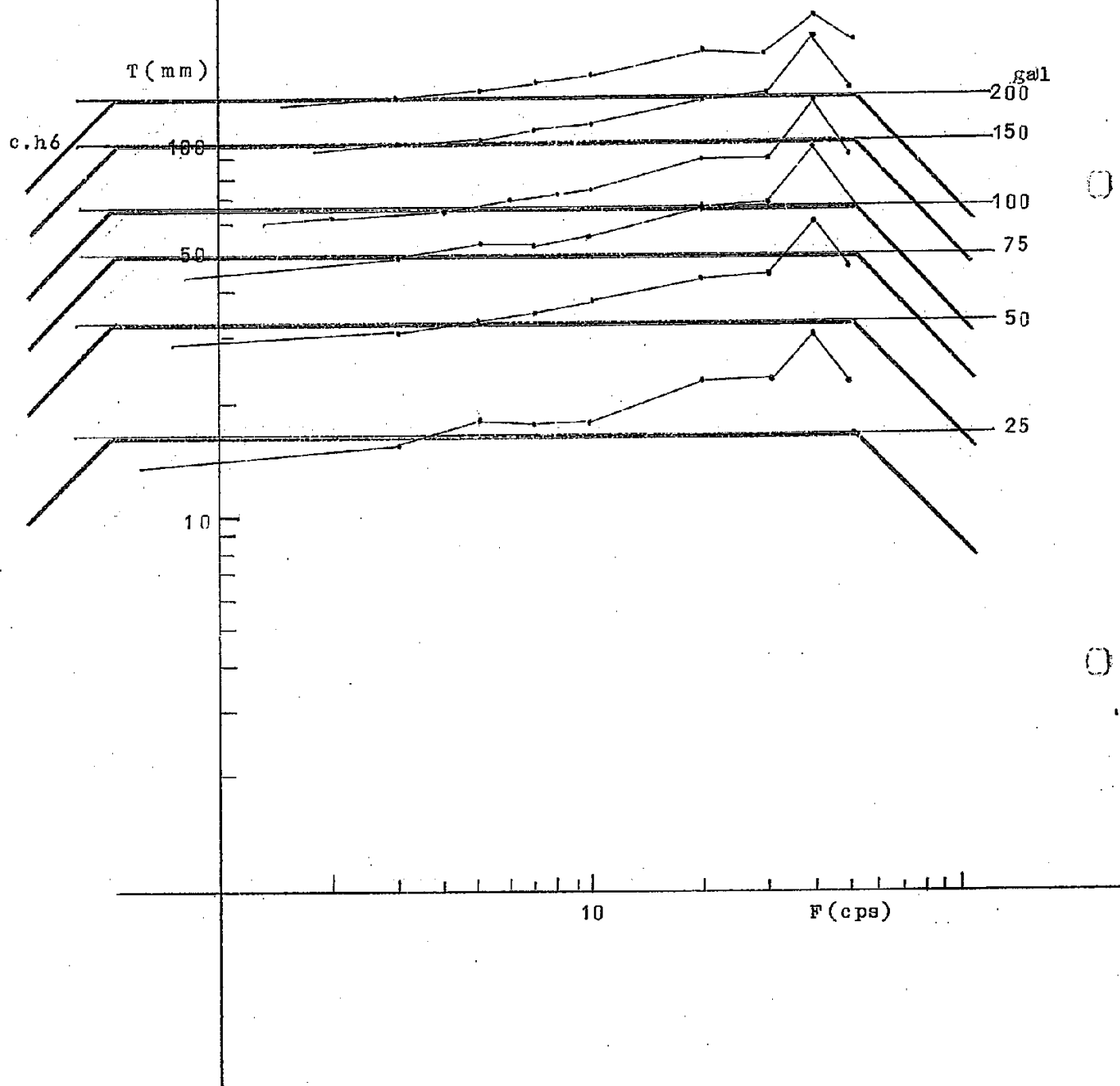


図-8(4) 地中地震計の特性（加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係）

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計となる。

細い実線：仕様書による各加速度に対する記録振巾

・印：実測値

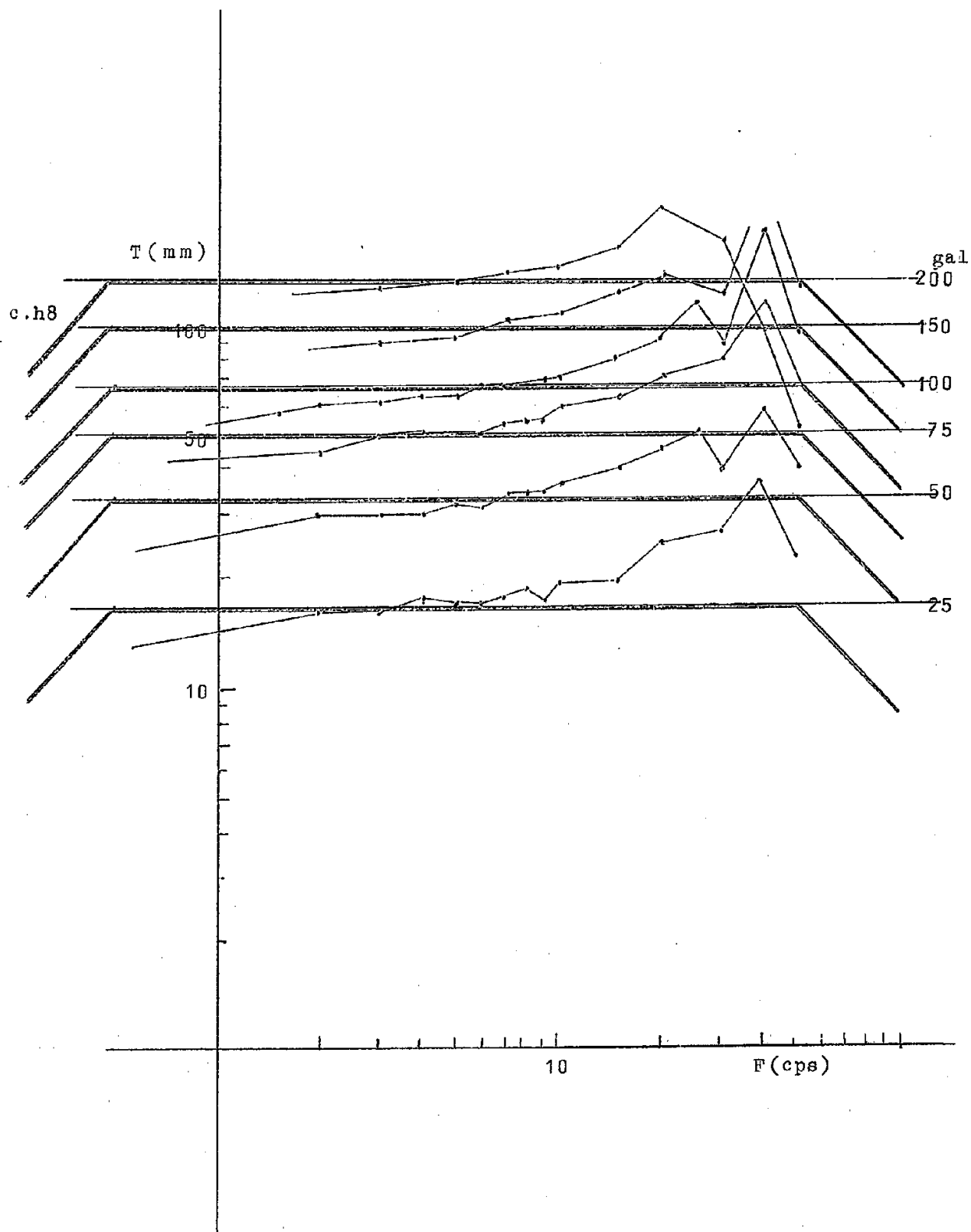


図-8(5) 地中地震計の特性 (加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係)

太い実線：仕様書から得られた資料を基にして求めた近似特性曲線で、勾配 0 の領域で加速度計、勾配 -1 の領域で速度計となる。

細い実線：仕様書による各加速度に対する記録振巾

・印：実測値

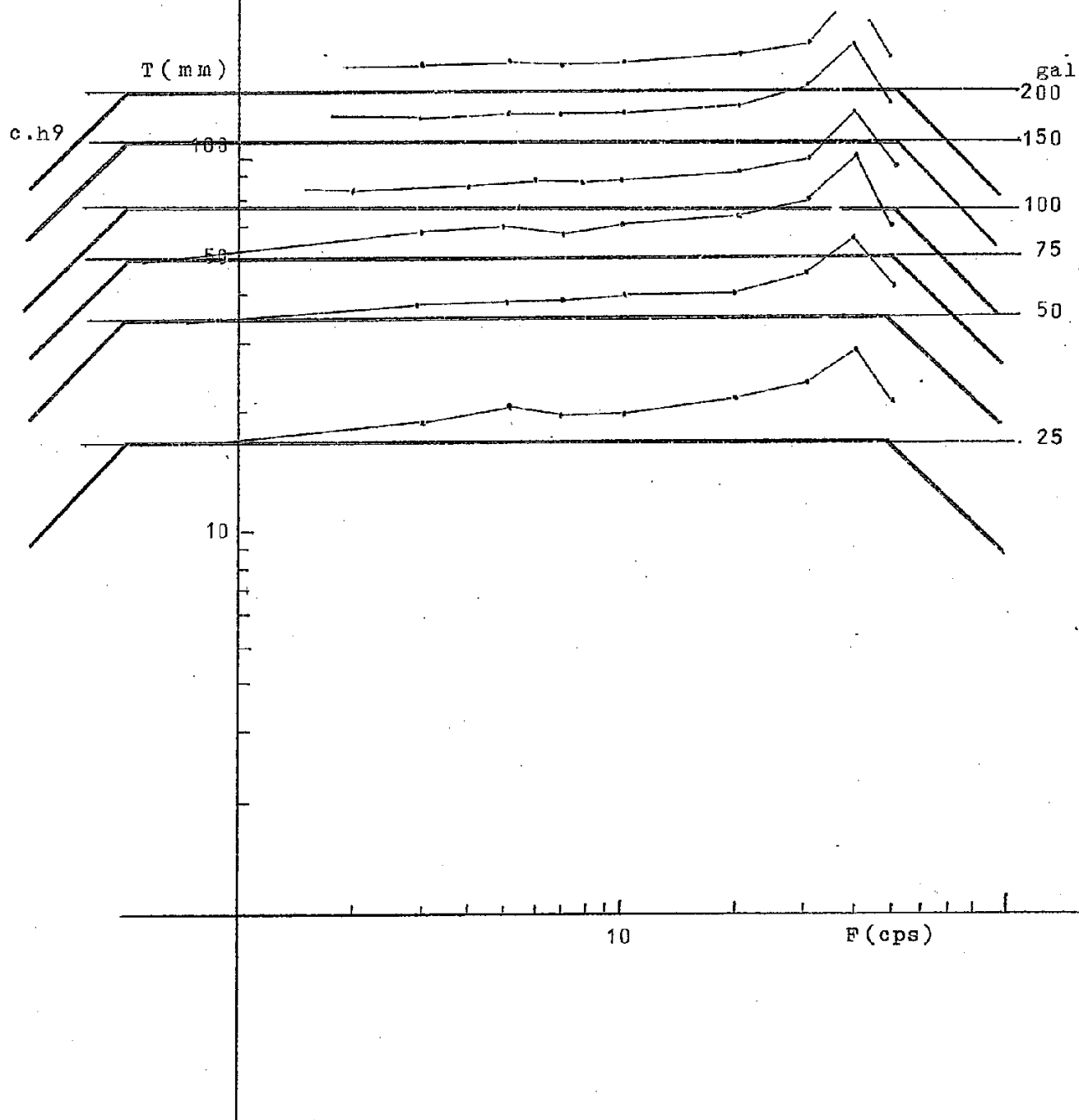


図-8(6) 地中地震計の特性（加速度を固定した場合の記録振巾と周波数との関係）

表5 S M A C - B II 型の加振加速度に対する記録振巾の規格値からの歪 (3 cps で 25 gal、
4.3 mm (左右動)、4.2 mm (前後動) を基準にしている)

加 速 度	振 巾		規格値に対する 実測値の割合 (%)
	実 測 値 (全振巾)	規 格 値	
左 右 動 ($f=3$ cps)			
25	4.3	4.3	100
50	8.0	8.6	93.1
75	11.5	12.9	89.2
100	14.3	17.2	83.2
150	19.4	25.8	75.2
200	26.0	34.4	75.6
300	35.0	51.6	67.8
400	46.0	68.8	67.0
500	54.0	86.0	62.9
前 後 動 ($f=3$ cps)			
25	4.2	4.2	100
50	7.5	8.4	89.4
75	8.8	12.6	69.9
150	20.5	25.2	81.4
200	26.0	33.6	77.4
300	37.0	50.4	73.5
400	47.5	67.2	70.6
500	57.8	84.0	68.8

表6 地中地震計の加振加速度に対する記録振巾の規格値からの歪 (第2成分、5 cps を使用
25 gal を基準にしている)

加 速 度	振 巾		規格値に対する 実測値の割合 (%)
	実 測 値 (全振巾)	規 格 値	
25	19.0	19.0	100
50	36.0	38.0	94.7
75	57.0	57.0	100
100	72.0	76.0	94.7
150	106.2	114.0	93.1
200	147.0	152.0	96.7