

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-257158

(P2011-257158A)

(43) 公開日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 13/34 (2006.01)	GO 1 S 13/34	5 J 0 7 0
GO 1 S 13/93 (2006.01)	GO 1 S 13/93 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-129297 (P2010-129297)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成22年6月4日 (2010.6.4)		トヨタ自動車株式会社
			愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	110001276
			特許業務法人 小笠原特許事務所
		(74) 代理人	100151541
			弁理士 高田 猛二
		(72) 発明者	橋本 誠司
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	5J070 AB01 AC02 AE01 AE09 AF03 AK01 AK22

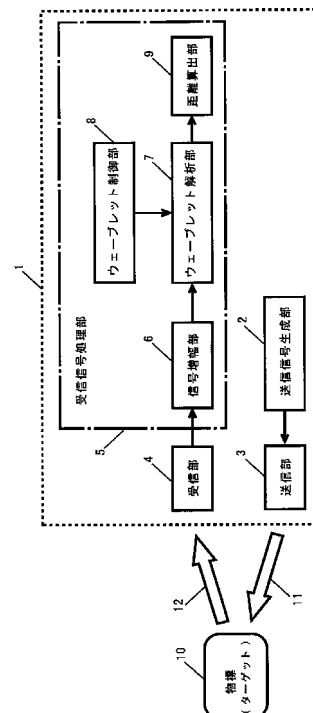
(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】異なる位置で反射されたレーダ波の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点を認識できる程度に分離し、各反射点までの距離を算出することができるレーダ装置の提供。

【解決手段】物標との距離を検出するレーダ装置であって、レーダ波を送信する送信手段と、上記レーダ波が物標で反射されたときの反射波を受信する受信手段と、上記受信手段で受信された反射波をウェーブレット解析することにより、反射波受信時刻と受信した反射波のエネルギーとの関係を表す波形を求める解析手段と、上記解析手段で求めた波形のエネルギーピーク部に対応する反射波受信時刻に基づいて物標との距離を求める距離算出手段と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物標との距離を検出するレーダ装置であって、
レーダ波を送信する送信手段と、
前記レーダ波が物標で反射されたときの反射波を受信する受信手段と、
前記受信手段で受信された反射波をウェーブレット解析することにより、反射波受信時刻と受信した反射波のエネルギーとの関係を表す波形を求める解析手段と、
前記解析手段で求めた波形のエネルギーピーク部に対応する反射波受信時刻に基づいて物標との距離を求める距離算出手段と、を備えたレーダ装置。

【請求項 2】

前記解析手段は、前記ウェーブレット解析に用いられる基底関数の種類および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を変化させることにより、距離分解能を制御可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明はレーダ装置に関し、より詳しくは、異なる位置で反射されたレーダ波の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点を認識できる程度に分離し、各反射点までの距離を算出することができるレーダ装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、レーダ信号処理装置において、受信信号の処理を行うウェーブレット変換器を備えたものが提案されている（特許文献 1 参照）。特許文献 1 に記載のレーダ信号処理装置は、ビート信号をウェーブレット変換して周波数スペクトルを得るウェーブレット変換器と、ウェーブレット変換器により得られた周波数スペクトルのピーク周波数から距離および速度を演算する演算手段とを備えている。このレーダ信号処理装置は、ウェーブレット変換器により周波数スペクトルを得ているため、低周波数域になる程、周波数分解能が高くなる。よって、検知対象物体が近距離に存在する場合、高速フーリエ変換器（FFT）で信号処理する場合に比べて、高精度で検知対象物体までの距離を検知することができる。

【0003】

しかしながら、特許文献 1 に記載のレーダ信号処理装置には、以下の課題が存在した。
すなわち、このレーダ信号処理装置は、近距離に存在する検知対象物体を精度良く検出するための装置であり、異なる位置で反射された反射波の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点（各反射位置）を認識できる程度に分離するための装置ではない。このため、異なる位置でレーダ波が反射され、各反射波の合成波を受信した場合、このレーダ信号処理装置は、合成波を各反射点を認識できる程度に分離することができず、各反射点（各反射位置）までの距離を算出することができない。なお、このレーダ信号処理装置では、ウェーブレット変換の結果として、横軸が周波数、縦軸が振幅を表す周波数スペクトル特性を得ている（特許文献 1 の図 2 参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2002 - 98752 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

本発明は、このような実情に鑑みてなされたもので、複数の位置で反射されたレーダ波の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点を認識できる程度に分離し、各反射位置（各反射点）までの距離を算出することができるレーダ装置に関する。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の発明は、

物標との距離を検出するレーダ装置であって、

レーダ波を送信する送信手段と、

上記レーダ波が物標で反射されたときの反射波を受信する受信手段と、

上記受信手段で受信された反射波をウェーブレット解析することにより、反射波受信時刻と受信した反射波のエネルギーとの関係を表す波形を求める解析手段と、

上記解析手段で求めた波形のエネルギーピーク部に対応する反射波受信時刻に基づいて物標との距離を求める距離算出手段と、を備えたレーダ装置である。

10

【0007】

第1の発明によれば、解析手段は、受信手段で受信された反射波をウェーブレット解析することにより、反射波受信時刻と受信した反射波のエネルギーとの関係を表す波形を求める。距離算出手段は、解析手段で求められた波形のエネルギーピーク部に対応する反射波受信時刻に基づいて物標との距離を求める。よって、第1の発明によれば、ウェーブレット解析により複数のエネルギーピーク部が得られた場合は、各エネルギーピーク部に対応する反射波受信時刻に基づいて各反射点までの距離を個々に算出することができる。従って、第1の発明によれば、異なる位置で反射されたレーダ波（反射波）の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点（各反射位置）を認識できる程度に分離し、各反射点までの距離を算出することができる。

20

【0008】

第2の発明は、第1の発明において、

上記前記解析手段は、前記ウェーブレット解析に用いられる基底関数の種類および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を変化させることにより、距離分解能を制御可能に構成されていることを特徴とする。

【0009】

第2の発明によれば、ウェーブレット解析に用いられる基底関数の種類および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を変化させることにより、レーダ装置の距離分解能を制御することができる。つまり、基底関数および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を変化させることにより、検知される反射点の数を制御することができる。よって、第2の発明によれば、必要とされる距離分解能に応じて基底関数の種類や次数を設定することにより、距離分解能を調節することができる。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、複数の位置で反射されたレーダ波の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点を認識できる程度に分離し、各反射点までの距離を算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係るレーダ装置の機能的構成を示すブロック図

40

【図2】本発明に係るレーダ装置から送信されるレーダ波の一例を示す図

【図3】図1に示されるレーダ波が異なる位置で反射され、各反射波の合成波を本発明に係るレーダ装置が受信する場合のその合成波を示す図

【図4】本発明に係るレーダ装置が合成波を受信し、その合成波をウェーブレット解析したときの解析結果を示す図（Paul基底関数、次数：6）

【図5】本発明に係るレーダ装置が合成波を受信し、その合成波をウェーブレット解析したときの解析結果を示す図（Paul基底関数、次数：10）

【図6】本発明に係るレーダ装置が合成波を受信し、その合成波をウェーブレット解析したときの解析結果を示す図（Morlet基底関数、次数：6）

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 2 】

(実施形態)

以下、本発明に係るレーダ装置について、図面を参照しつつ説明する。

図 1 は、本発明に係るレーダ装置の機能的構成を示すブロック図である。

【 0 0 1 3 】

本発明に係るレーダ装置 1 は、物標との距離等を検出するレーダ装置である。

レーダ装置 1 は、送信信号生成部 2 と、送信部 3 と、受信部 4 と、受信信号処理部 5 とを備えている。レーダ装置 1 は、例えば、パルスレーダ装置である。

【 0 0 1 4 】

送信信号生成部 2 は、物標 (ターゲット) に向けて送信されるレーダ波 1 1 を生成する。送信されるレーダ波 1 1 は、例えば、図 2 に例示されるようなアナログのパルス波である。

【 0 0 1 5 】

送信部 3 は、送信信号生成部 2 で生成されたレーダ波 1 1 を所定の周波数に変調して送信する。送信部 3 は、特許請求の範囲における送信手段に相当する。

【 0 0 1 6 】

受信部 4 は、送信部 3 から送信されたレーダ波 (送信波) 1 1 が物標で反射されたときの反射波 1 2 を受信し、復調する。受信部 4 は、特許請求の範囲における受信手段に相当する。

【 0 0 1 7 】

受信信号処理部 5 は、受信部 4 で受信された反射波 1 2 を信号処理する。受信信号処理部 5 は、図 1 に示されるように、信号増幅部 6 と、ウェーブレット解析部 7 と、ウェーブレット制御部 8 と、距離算出部 9 とを含む。

【 0 0 1 8 】

信号増幅部 6 は、受信部 4 で受信された反射波 1 2 を増幅する。なお、レーダ装置 1 の検知領域内に、複数個の物標 1 0 が存在する場合、および、物標 1 0 が大きいために 1 個の物標 1 0 の表面に複数個の反射点が生じる場合には、異なる反射点で反射されたレーダ波 (反射波) が合成された状態で受信部 4 により受信される。図 3 は、その合成された反射波 1 2 を示す図である。図 3 において、横軸は反射波受信時刻を示し、縦軸は受信した反射波の電圧を示している。

【 0 0 1 9 】

図 1 に戻って、ウェーブレット解析部 7 は、信号増幅部 6 で増幅された反射波 1 2 をウェーブレット解析 (ウェーブレット変換) する。ウェーブレット解析部 7 は、反射波 1 2 をウェーブレット解析することにより、反射波受信時刻と受信した反射波 1 2 のエネルギーとの関係を表す波形を求める (図 4 ~ 6 参照) 。

【 0 0 2 0 】

ウェーブレット解析の定義は、以下の式で表すことができる。

10

20

30

【数 1】

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \sqrt{\frac{\delta t}{s}} \Psi_0^* \left[\frac{(n' - n) \delta t}{s} \right]$$

$$W_n(s) = FFT^{-1} \left[\sum_{k=0}^{N-1} \hat{x}_k \left(\sqrt{\frac{2\pi s}{\delta t}} \hat{\Psi}_0^*(s\omega_k) e^{i\omega_k n \delta t} \right) \right]$$

10

$$\hat{x}_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi i k n}$$

$$\omega_k = if \left(k \leq \frac{N}{2}, \frac{2\pi k}{N\delta t}, -\frac{2\pi k}{N\delta t} \right)$$

20

【0021】

ウェーブレット解析部7で用いられる基底関数の種類および当該基底関数における次数は、特に限定されるものではないが、基底関数としては、例えば、Paul基底関数、Morlet基底関数、Derivative of Gaussian基底関数が用いられる。また、基底関数における次数としては、様々な値をとることができる。Paul基底関数では、次数として、例えば4～40の値をとることができる。Morlet基底関数では、次数として、例えば6～100の値をとることができる。また、Derivative of Gaussian基底関数では、次数として、例えば2～80の値をとることができる。

30

【0022】

Paul基底関数の定義は、以下の式で表すことができる。mは次数である。

【数 2】

$$\Psi_0(\eta) = \frac{2^m i^m m!}{\sqrt{\pi(2m)!}} (1 - i\eta)^{-(m+1)}$$

40

$$\hat{\Psi}_0(s\omega) = \frac{2^m}{\sqrt{m(2m-1)!}} H(\omega) (s\omega)^m e^{-s\omega}$$

【0023】

Morlet基底関数の定義は、以下の式で表すことができる。mは次数である。

【数 3】

$$\Psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{im\eta} e^{-\eta^2/2}$$

$$\hat{\Psi}_0(s\omega) = \pi^{-1/4} H(\omega) e^{-(s\omega-m)^2/2}$$

10

【0024】

Derivative of Gaussian 基底関数の定義は、以下の式で表すことができる。mは次数である。

【数 4】

$$\Psi_0(\eta) = \frac{(-1)^{m+1}}{\sqrt{\Gamma\left(m + \frac{1}{2}\right)}} \frac{d^m}{d\eta^m} \left(e^{-\eta^2/2} \right)$$

20

$$\hat{\Psi}_0(s\omega) = -\frac{i^m}{\sqrt{\Gamma\left(m + \frac{1}{2}\right)}} (s\omega)^m e^{-(s\omega)^2/2}$$

【0025】

30

ウェーブレット制御部 8 は、ウェーブレット解析に用いられる基底関数の種類および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を必要に応じて変化させる。この変化により、後述のようにレーダ装置 1 の距離分解能の制御が可能となる。ウェーブレット解析部 7 とウェーブレット制御部 8 は、特許請求の範囲における解析手段に相当する。

【0026】

距離算出部 9 は、ウェーブレット解析部 7 で求められた波形のエネルギーピーク部（図 4～6 における符号 13～15 参照）に対応する反射波受信時刻に基づいて、物標 10 との距離を算出する。具体的には、レーダ波送信時刻からエネルギーピーク部 13, 14, 15 に対応する反射波受信時刻までの経過時間を T とし、レーダ波伝播速度を C とし、物標との距離を S とした場合、 $S = C \cdot T / 2$ として距離 S を算出することができる。

40

【0027】

次に、基底関数と次数を変化させることにより距離分解能の制御が可能となることを示す。

【0028】

まず、基底関数として Paul 基底関数を用い、次数を 6 に設定してウェーブレット解析する場合を想定する。

レーダ装置 1 が図 3 に示される合成波を受信し、この合成波をウェーブレット解析した場合、図 4 に示される解析結果が得られる。図 4 は、レーダ装置 1 が合成波を受信し、その合成波をウェーブレット解析したときの解析結果を示す図（Paul 基底関数、次数：6）である。なお、図 3 において、横軸は反射波受信時刻（ナノ秒）、縦軸は反射波の受

50

信電圧（ボルト）を示している。また、図４において、横軸は反射波受信時刻（ナノ秒）、縦軸は受信した反射波のエネルギーを示している。

【００２９】

ウェーブレット解析前の合成波は、図３に示されるように、非常に複雑な波形となっており、この波からは反射点の位置を特定することができない。

一方、図３に示される波形をウェーブレット解析すると、図４に示されるような、きれいな波形が現れる。この波形は、複数のエネルギーピーク部１３を有している。エネルギーピーク部１３に対応する反射波受信時刻は、レーダ装置１からレーダ波１１が送信された時刻から、レーダ波１１が物標１０の反射点で反射されレーダ装置１まで戻ってくるまでの時間を表している。図４に示される例では、６つのエネルギーピーク部１３が現れており、これら６つのエネルギーピーク部１３に対応する反射波受信時刻から６つの反射点を特定し、各反射点までの距離を求めることができる。図４に示される例では、比較的多くの反射点が現れていることから、高い距離分解能を得ることができる。高い距離分解能は、例えば、レーダ装置１を搭載した車両が交差点付近を走行しているときに、先行車両と歩行者を含む多数の物標１０を認識する場合に有効である。

【００３０】

次に、基底関数としてPaul基底関数を用い、次数を１０に設定してウェーブレット解析する場合を想定する。

レーダ装置１が図３に示される合成波を受信し、この合成波をウェーブレット解析した場合、図５に示される解析結果が得られる。図５は、レーダ装置１が合成波を受信し、その合成波をウェーブレット解析したときの解析結果を示す図（Paul基底関数、次数：１０）である。なお、図５において、横軸は反射波受信時刻（ナノ秒）、縦軸は受信した反射波のエネルギーを示している。

【００３１】

図３に示される波形をウェーブレット解析すると、図５に示されるような、きれいな波形が現れる。この波形は、複数のエネルギーピーク部１４を有している。エネルギーピーク部１４に対応する反射波受信時刻は、レーダ装置１からレーダ波１１が送信された時刻から、レーダ波１１が物標１０の反射点で反射されレーダ装置１まで戻ってくるまでの時間を表している。図５に示される例では、５つのエネルギーピーク部１４が現れており、これら５つのエネルギーピーク部１４に対応する反射波受信時刻から５つの反射点を特定し、各反射点までの距離を求めることができる。図５に示される例では、比較的多くの反射点が現れていることから、高い距離分解能を得ることができる。

【００３２】

次に、基底関数としてMorlet基底関数を用い、次数を６に設定してウェーブレット解析する場合を想定する。

レーダ装置１が図３に示される合成波を受信し、この合成波をウェーブレット解析した場合、図６に示される解析結果が得られる。図６は、レーダ装置１が合成波を受信し、その合成波をウェーブレット解析したときの解析結果を示す図（Morlet基底関数、次数：６）である。なお、図６において、横軸は反射波受信時刻（ナノ秒）、縦軸は受信した反射波のエネルギーを示している。

【００３３】

図３に示される波形をウェーブレット解析すると、図６に示されるような、きれいな波形が現れる。この波形は、複数のエネルギーピーク部１５を有している。エネルギーピーク部１５に対応する反射波受信時刻は、レーダ装置１からレーダ波１１が送信された時刻から、レーダ波１１が物標１０の反射点で反射されレーダ装置１まで戻ってくるまでの時間を表している。図６に示される例では、２つのエネルギーピーク部１５が現れており、これら２つのエネルギーピーク部１５に対応する反射波受信時刻から２つの反射点を特定し、各反射点までの距離を求めることができる。図６に示される例では、比較的少ない反射点が現れていることから、低い距離分解能を得ることができる。低い距離分解能は、例えば、レーダ装置１を搭載した車両が高速道路を走行しているときに、先行車両を含む少

10

20

30

40

50

ない物標を認識する場合に有効である。少ない物標を認識すれば足りる場合に、高い距離分解能を得る設定にしておく、例えば、1台の先行車両のバンパー、ホイールハウス、ドアミラー等をそれぞれ反射点として認識してしまい、各反射点に先行車両が存在すると誤認識してしまう可能性がある。

【0034】

従って、レーダ装置1を車両に搭載する場合には、車両の走行状況に応じてウェーブレット制御部8が基底関数および次数を適切に設定することにより、レーダ装置1は当該車両の周囲に存在する物標（先行車両および歩行者等）の数および位置を正確に認識することができる。

【0035】

上述のように、本実施形態によれば、ウェーブレット解析部7は、受信部4で受信された反射波12をウェーブレット解析することにより、反射波受信時刻と受信した反射波のエネルギーとの関係を表す波形を求める。距離算出部9は、ウェーブレット解析部7で求められた波形のエネルギーピーク部13（14，15）に対応する反射波受信時刻に基づいて物標10との距離を求める。よって、本実施形態によれば、ウェーブレット解析により複数のエネルギーピーク部13（14，15）が得られた場合は、各エネルギーピーク部13（14，15）に対応する反射波受信時刻に基づいて各反射点までの距離を個々に算出することができる。従って、本実施形態によれば、異なる位置で反射されたレーダ波（反射波）12の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点（各反射位置）を認識できる程度に分離し、各反射点までの距離を算出することができる。

【0036】

また、本実施形態によれば、ウェーブレット解析に用いられる基底関数の種類および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を変化させることにより、レーダ装置1の距離分解能を制御することができる。つまり、基底関数および当該基底関数における次数のうち少なくともいずれか一方を変化させることにより、検知される反射点の数を制御することができる。よって、本実施形態によれば、必要とされる距離分解能に応じて基底関数の種類や次数を設定することにより、距離分解能を調節することができる。

【産業上の利用可能性】

【0037】

本発明は、異なる位置で反射されたレーダ波の合成波を受信した場合に、その合成波を各反射点を認識できる程度に分離し、各反射点までの距離を算出することができるレーダ装置等として利用可能であり、例えば車載レーダ装置等として利用することができる。

【符号の説明】

【0038】

- 1 レーダ装置
- 2 送信信号生成部
- 3 送信部
- 4 受信部
- 5 受信信号処理部
- 6 信号増幅部
- 7 ウェーブレット解析部
- 8 ウェーブレット制御部
- 9 距離算出部
- 10 物標（ターゲット）
- 11 送信波（レーダ波）
- 12 反射波（レーダ波）
- 13，14，15 エネルギーピーク部

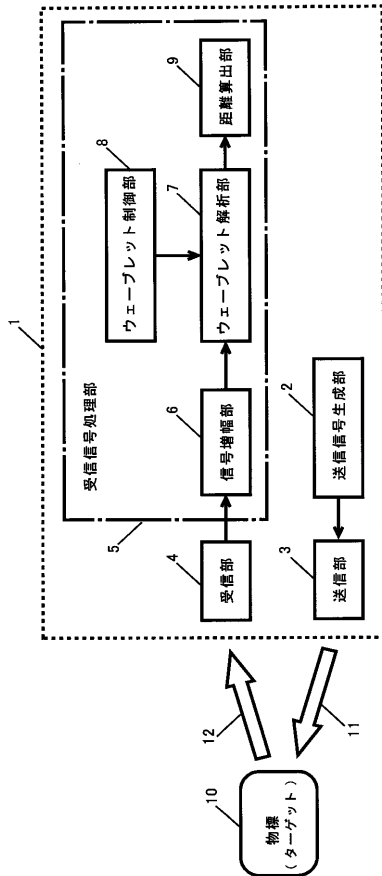
10

20

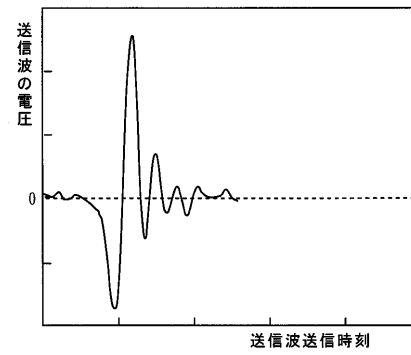
30

40

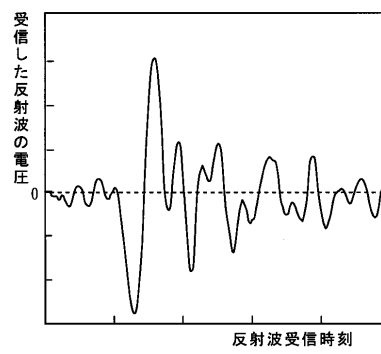
【図 1】



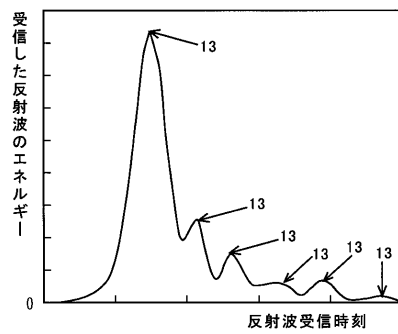
【図 2】



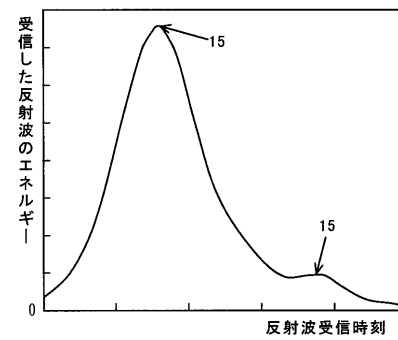
【図 3】



【図 4】



【図 6】



【図 5】

