

低雑音ベルトドライブプレーヤー

Low Noise Belt-drive Turntable

六 戸 彰* 河 島 幸 彦**
Akira Rokunohe Yukihiko Kawashima

要 旨

ランブル音はレコード信号をごく低周波まで再生するときに耳ざわりとなる。特に高級ステレオでは品質の一つの目安ともなる重要事項である。このランブルすなわちゴロ音を低減する目的で、従来広く用いられていたアイドラリムドライブ方式を検討した結果アイドラ部がゴロ音発生源の主要部分となっており、従来のようなリムドライブではゴロ音をじゅうぶんに小さくすることが量的に問題が多いので、アイドラを使用しないベルトドライブ方式にして、より有効にゴロ音の低減を行なった。またレコード自体に含まれているゴロ音測定結果からプレーヤーのゴロ音許容限を決定することを試みた。これらに基づき低雑音ベルトドライブプレーヤーを設計し、従来マニア用とされていたベルトドライブ方式のプレーヤーを量産セットに組み込み発売することにし、ステレオセットにおいて ESP 法による基本方針であるひずみの除去の方策の一つとして用いた。

1. 緒 言

レコードを聴(き)く場合、雑音があると非常に耳ざわりであり不快なものである。この雑音のうちレコード再生時に聴こえるゴロゴロといった感じの低い周波数の音が特にレベルが高くしばしば問題となる。この音は数百サイクル以下に分布し一般にゴロ音といわれているもので機械振動に伴って発生する雑音やレコードに含まれている雑音などが原因である。ステレオが高級化するにつれ、このゴロ音に対する要求もきびしくなっているが、プレーヤーのゴロ音がレコードに含まれているゴロ音より数段低ければ良いわけで、そのためにまずレコード自体のゴロ音を測定しゴロ音許容限決定の参考とした。

またプレーヤーについては量産プレーヤーのゴロ音発生源を検討しアイドラがゴロ音の発生源の一つであることおよびアイドラを用いることによってモートルの振動が伝わりやすくなることなどを考え、従来から量産しているプレーヤーと駆動方式の異なるベルトドライブプレーヤーを設計し現在ゴロ音の少ないプレーヤーを高級機種に使用している。ここではまずゴロ音レベルの決定法を述べ次にベルトドライブプレーヤーの構造、データの一例について記述する。

2. ゴロ音許容限決定基準

ゴロ音は大別してプレーヤー部から発生するものとレコードから出るものとがある。プレーヤー部のゴロ音はモートル、アイドラ、ターンテーブルなどの回転部分から発生しこれにプレーヤー構成部品の共振などが加わったものである。

2.1 ゴロ音のスペクトル分析

ゴロ音は機械振動によるものであり、ゴロ音の周波数スペクトルは固有スペクトルと連続スペクトルの混合したものであるからカートリッジの電氣的出力として積分値レベルが等しいゴロ音でも 25 Hz の低い周波数スペクトルの多いゴロ音と 100 Hz の高い周波数スペクトルの多いゴロ音では聴感上その大きさが異なって聴こえるはずである。このことから聴感と合うゴロ音の評価方法としてわれわれは以前からゴロ音を周波数分析する方法をとっている。

ゴロ音のレベルの基準は 1,000 Hz、速度振幅 50 mm/s の音溝を再生したときの出力を 0 dB とし、レコードの無音溝を再生したときのゴロ音のスペクトル成分の出力との比でゴロ音レベルを表示する。

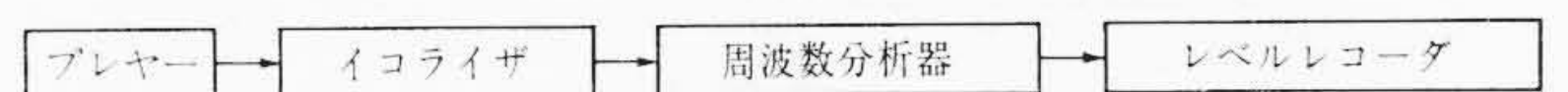


図1 分析装置のブロックダイアグラム

$$\text{ゴロ音レベル} = 20 \log \frac{\text{無音溝再生時出力}}{1,000 \text{ Hz } 50 \text{ mm/s 再生時出力}}$$

図1は分析装置のブロックダイアグラムを示したものである。

2.2 レコードに含まれるゴロ音

ステレオレコードの場合左右のみぞは互に 90 度の角度を持ち左右信号が同相の場合はレコード面にそった横振動が、左右逆位相の場合は上下方向の縦振動が出力としてあらわれる。

ここではレコードのゴロ音レベルを縦、横、45 度方向について測定するとともにラッカー原盤のゴロ音レベルも同様に測定し、レコード盤との比較を行なった。

測定結果の一例を示したのが図2～図5である。

レコードのゴロ音データから次の結論を得る。

- (1) レコード盤の縦振動と横振動では、縦振動が圧倒的に多く 20～50 Hz で 12～15 dB、50 Hz 以上で 10 dB 以上の差となる。
- (2) レコード盤円周と外周とでは内周のほうが良く、特に低い周波数で差がでてくる。この傾向はラッカー盤でも同様である。
- (3) ラッカー盤は 60 Hz 以上ではほとんど -70 dB 以下となる。
- (4) ラッカー盤はレコード盤にくらべ 40 Hz 以上が特に良く、75 Hz で 8～10 dB、100 Hz で 6～8 dB、150 Hz 以上で 10 dB 以上の差がでる。

以上からこのレコード盤の場合 50 Hz 以上では -50 dB、100 Hz 以上では -55 dB 程度がゴロ音レベルとなっている。ゴロ音レベルはレコードによって異なると思われるが一般のレコードもほぼこの程度のレベルと考えられる。

2.3 レコードプレーヤーのゴロ音許容限

プレーヤーのゴロ音はレコード盤のゴロ音より数段良いことが必要と考える。ただし周波数が低くなると再生系の特性、耳の特性などからゴロ音も感じにくくなるので低周波域のゴロ音レベルはあまり良い必要はないが、低音域の振動は直接耳には聴こえなくても高音を変調する場合があるからこれらも考慮して低音域のゴロ音レベルを決定する必要がある。一例を表1に示す。

このようにして設定されるゴロ音レベルおよびレコードに含まれるゴロ音レベルがどの程度耳につくものであるか、おおよその見当

* 日立製作所豊川工場

** 日立製作所豊川工場 理学博士

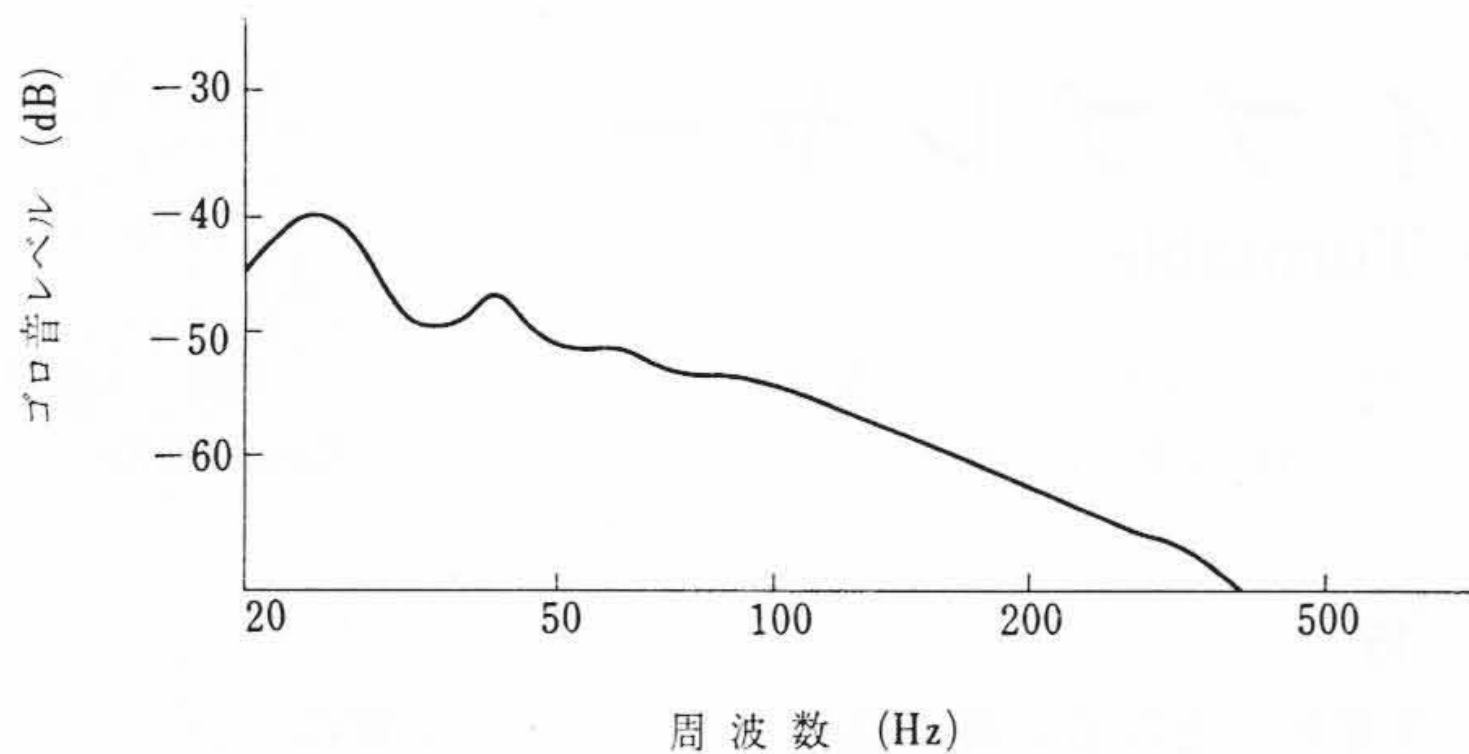


図2 (A)レコード盤45度方向ゴロ音レベル

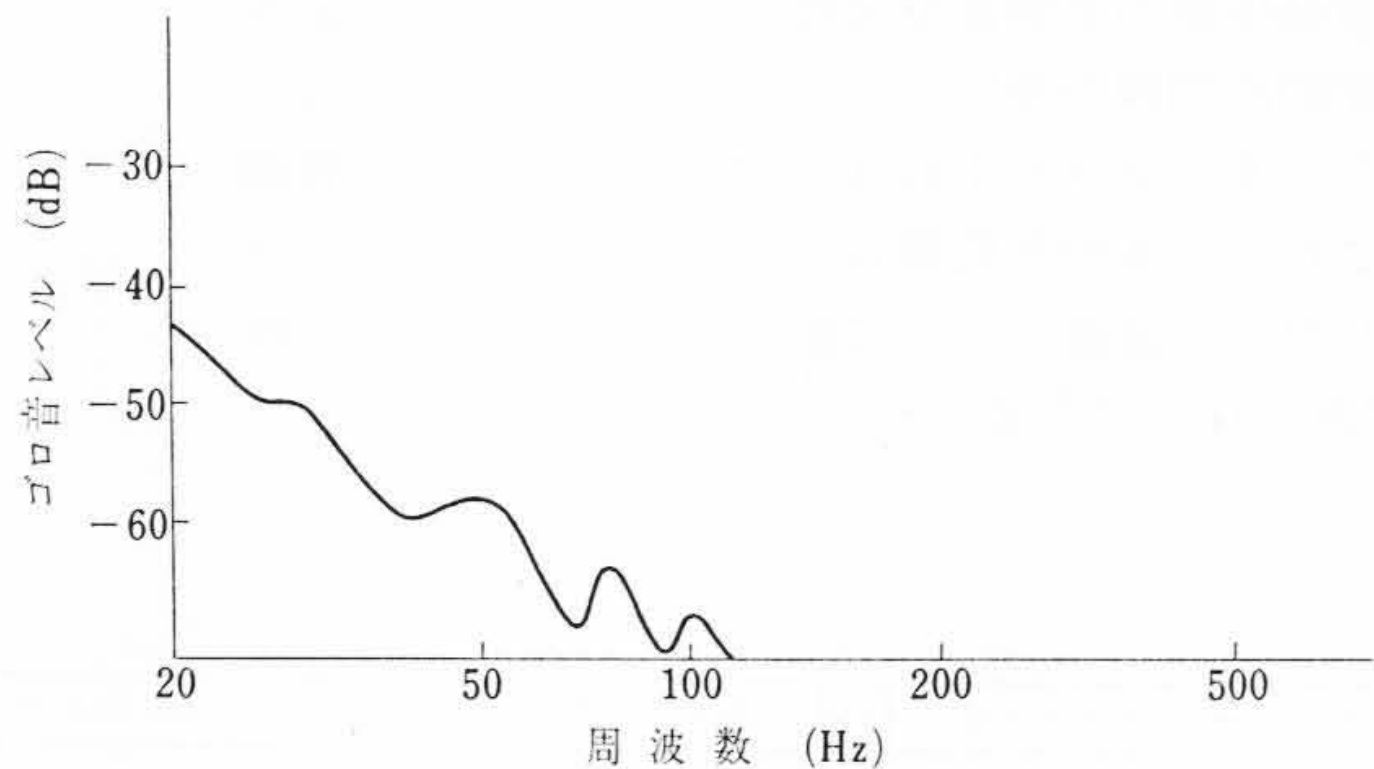


図3 ラッカー盤45度方向ゴロ音レベル

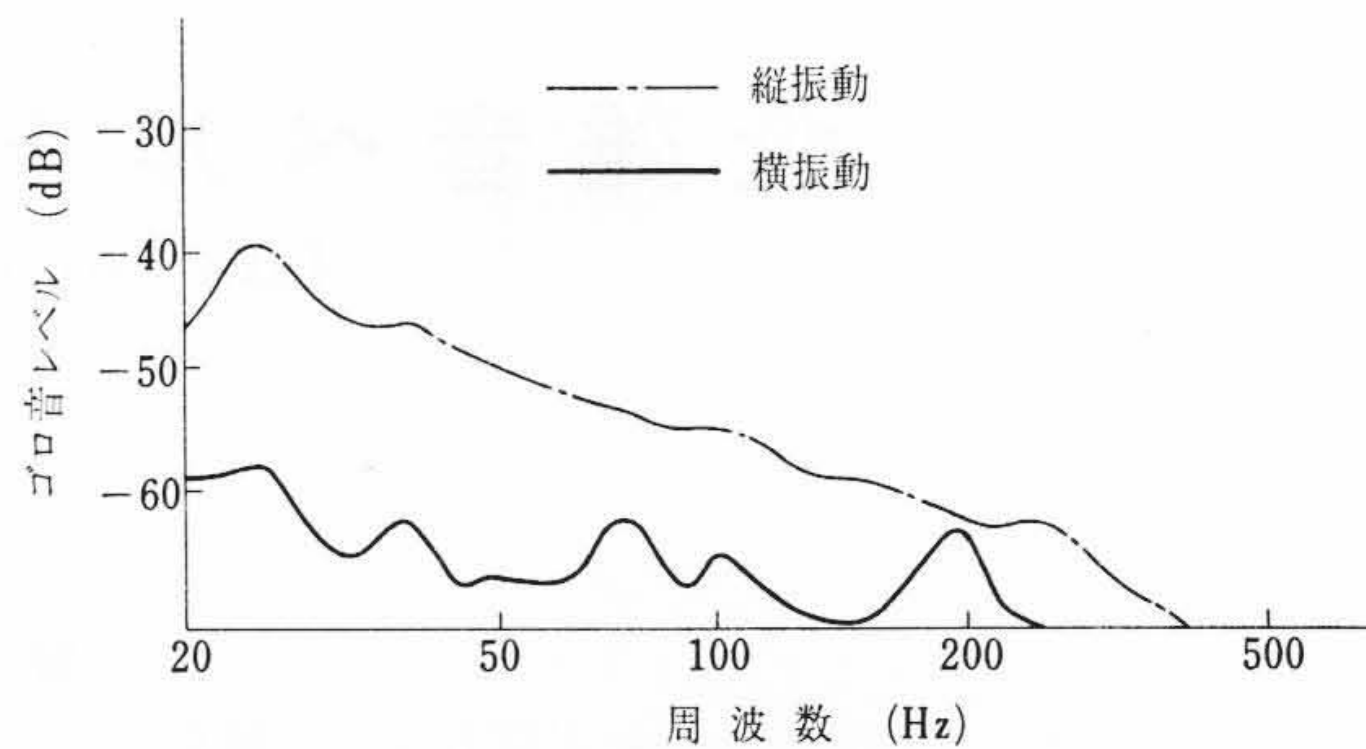


図4 (A)レコード盤縦および横方向ゴロ音レベル

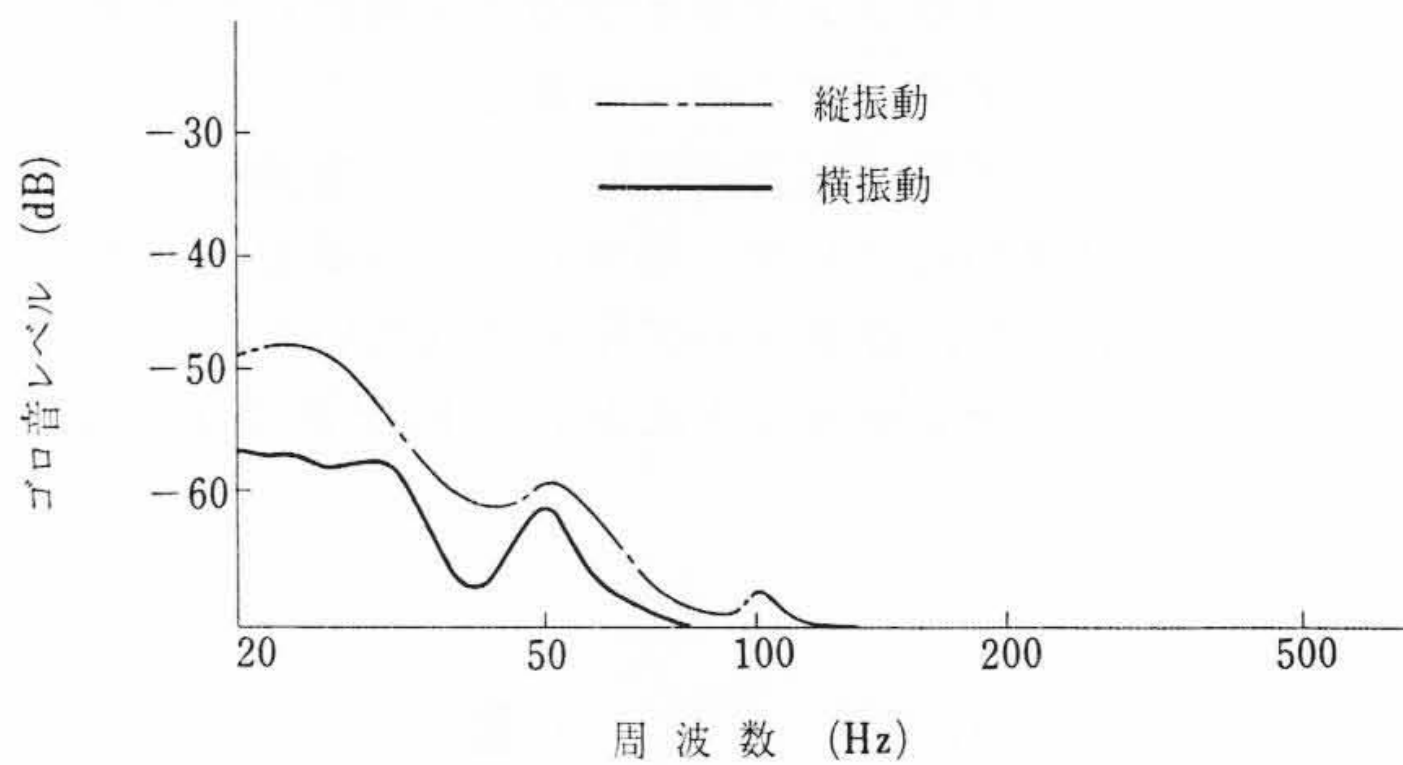


図5 ラッカー盤縦および横方向ゴロ音レベル

をつけておくことは必要である。騒音の評価方法は種々提唱されているがゴロ音に適用できそうな方法はあまり見あたらないのが現状である。ここではISOで取り上げられている騒音評価の国際的な方法の一つである騒音評価数(N数)⁽¹⁾を用いることを試みた。ゴロ音はその雑音レベルだけでなく、その音色によっても雑音としての聴感上の大きさが異なるなど必ずしもゴロ音評価に適した方法であるとはいえないがゴロ音の一応の目安として用いてみた。

騒音評価数はまず騒音をその帯域フィルタの中心周波数が62.5, 125, 250, ……のオクターブ帯域分析器で周波数分析し、おのこの帯域幅内の音圧レベルをN数で表示するものである。ゴロ音は前述のような分析計を用いて測定しているからこのデータから直接N数を求めることはできないが換算することによって算出できる。

ここでゴロ音の音圧レベルをたとえば次のように設定してみる。50 mm/s, 1,000 Hzのレコード信号を再生したときの分析計の出力を0 dBに設定する。この信号をアンプ入力とした時のアンプ出力を6 Wと仮定する。スピーカ系はフラット音圧周波数特性をもち、かつスピーカ能率は98 dBであるとする。したがって1 mの距離での音圧レベルは6 W入力時には100 dBの音圧となる。ここでたとえば表1のような雑音レベルの場合の音圧レベルを例にとり途中の換算式を省略し、結果のみを述べる。

バンドⅠ(中心周波数62.5 Hz)の音圧レベル……60 dB

バンドⅡ(中心周波数125 Hz)の音圧レベル……52.5 dB

バンドⅢ(中心周波数250 Hz)の音圧レベル……45.5 dB

となる。騒音のオクターブ帯域周波数によってN数を求めるための図表、図6よりN数を求めると、

バンドⅠ……… $N \cong 31$

バンドⅡ……… $N \cong 29$

バンドⅢ……… $N \cong 35$

となる。

N数と騒音の関係を表2に、N数補正のための数値表を表3に示す。

以上から(A)レコードの低域ノイズはたとえば6 W出力時にはコンサートホール、読書室、静かなレストラン程度の騒音といえる。一例としてレコード(A)のゴロ音レベルとN数の関係を示すと図7のようになる。

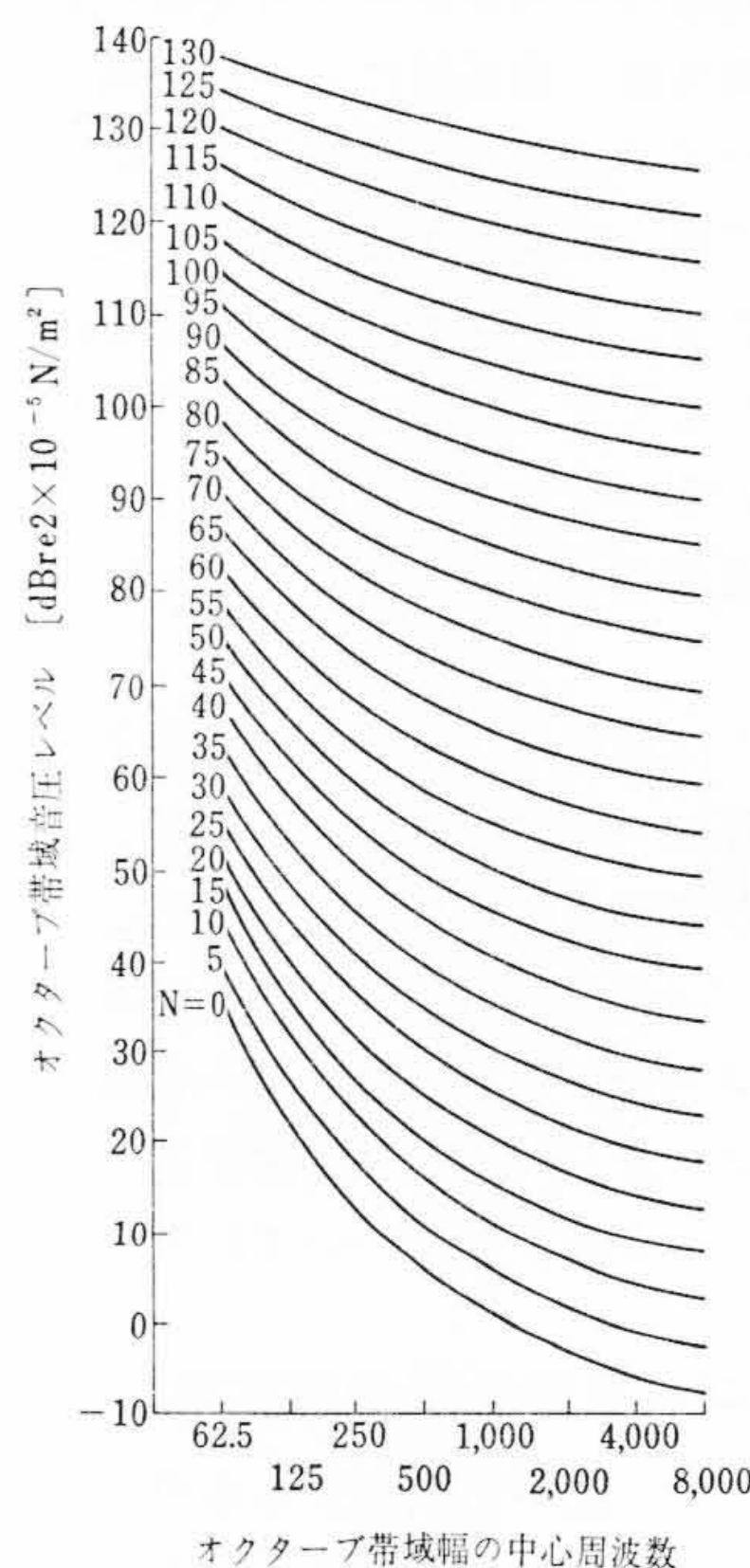


図6 N数表

表1 ゴロ音レベルの一例

周波数 (Hz)	ゴロ音レベル (dB)
25	-40
50	-50
100	-60
200	-70

表2 室内のN数とその音響状態としての適当さとの関係

N数	音響状態
20 ~ 30	寝室, 病室, テレビスタジオ, 居間, 教会, コンサートホール, 読書室, 会議室, 教室
30 ~ 40	大事務室, デパート, 商店, 応接室, 静かなレストラン
40 ~ 50	大レストラン, (タイプのある)秘書室, 体育館
50 ~ 60	大きなタイプライタ室
60 ~ 70	工場

表3 N数補正のための数値表

N 数 の 補 正 値			(ゴロ音 の場合)
ノイズのスペクトル	純 音	+5	
	広 帯 域 ノ イ ズ	0	0
ピークファクタ	インパルス	+5	
	非インパルス性	0	0
くりかえし (ノイズが約 0.5 分つづ くものとして)	連続および 1 分 1 回まで 1 時間あたり 10~60 回 1~10 回 1 日 あたり 4~20 回 1~4 回 1 回だけ	0 -5 -10 -15 -20 -25	0
慣 れ	慣 れ て い な い 少 し 慣 れ て い る 非 常 に 慣 れ て い る	0 -5 -10	-5
時 間 季 節	昼 間 だ け 夜 間 冬 夏	-5 +5 -5 0	+5
地 域 差	い な か 郊 外 都 市 住 宅 地 帯 軽工業地帯と都市内部 重工業地帯	+5 0 -5 -10 -15	0

なお参考までにゴロ音レベルと振動量(振幅)との関係を示したのが図8である。

3. ベルトドライブプレーヤーの設計

3.1 概略仕様

低雑音を主目的とし、そのほか量産セットに組み込み可能となるような諸性能を入れ概略仕様を下記のようにする。

ゴロ音レベル レコードのゴロ音より数段低いゴロ音レベルであること。

回転数 2 速度

自動機構 オートリターン、オートカット付

プレーヤーベッド外形 セットに組み込むプレーヤーであるからできるだけコンパクトであること。

3.2 構造

プレーヤーの構造は種々の制約条件を加味して決定されるが、留意点の一例を述べると、

(1) プレーヤーベッド外形を小形化すること

セットに組み込んで使用するプレーヤーの場合プレーヤーベッドの外形の大きさはキャビネットの大きさに直接関係する。市販されているマニア向けのベルトドライブプレーヤーがモートルをターンテーブルの外側に置く方式をとっているため非常に大形になっているのに対し、モートルをターンテーブルの内側へ入れる方式を用いることによってプレーヤーベッド外形を小さくすることができ、これによりキャビネットの必要面積を現在量産中のアイドラリムドライブプレーヤーとほぼ同程度に小さくすることができる。

(2) 二重ベルト駆動方式を採用する。

(i) モートルをターンテーブルの内側へ入れた場合モートルプリー径が非常に小さくなり、オートリターン機構動作などの負荷トルクによるスリップが起りやすく、かつプリーの曲率半径を小さくすることによるベルトの変形が大きくなることなどが欠点とされるが、これを防ぐため中間にプリーを設け二重ベルト方式を用いてプリーの径を大きくし、変形やスリップを防止する。

(ii) モートル部の温度は比較的高くモートルプリーにかかるベルトは耐熱性の良いシリコンベルトが有利である。しかるにシリコンベルトは一般に比較的破断しやすくこれに対しては平

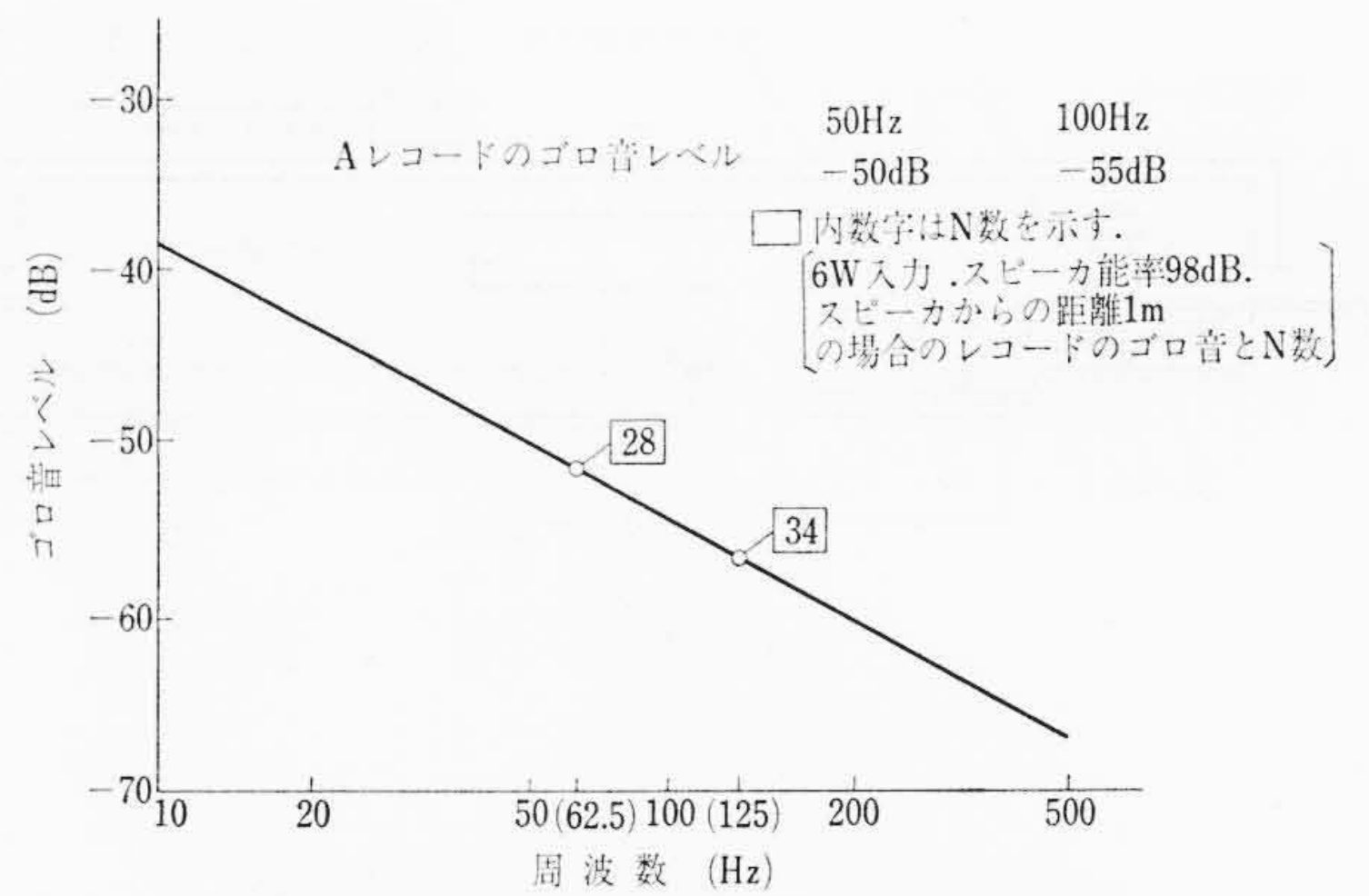


図7 ゴロ音レベルとN数

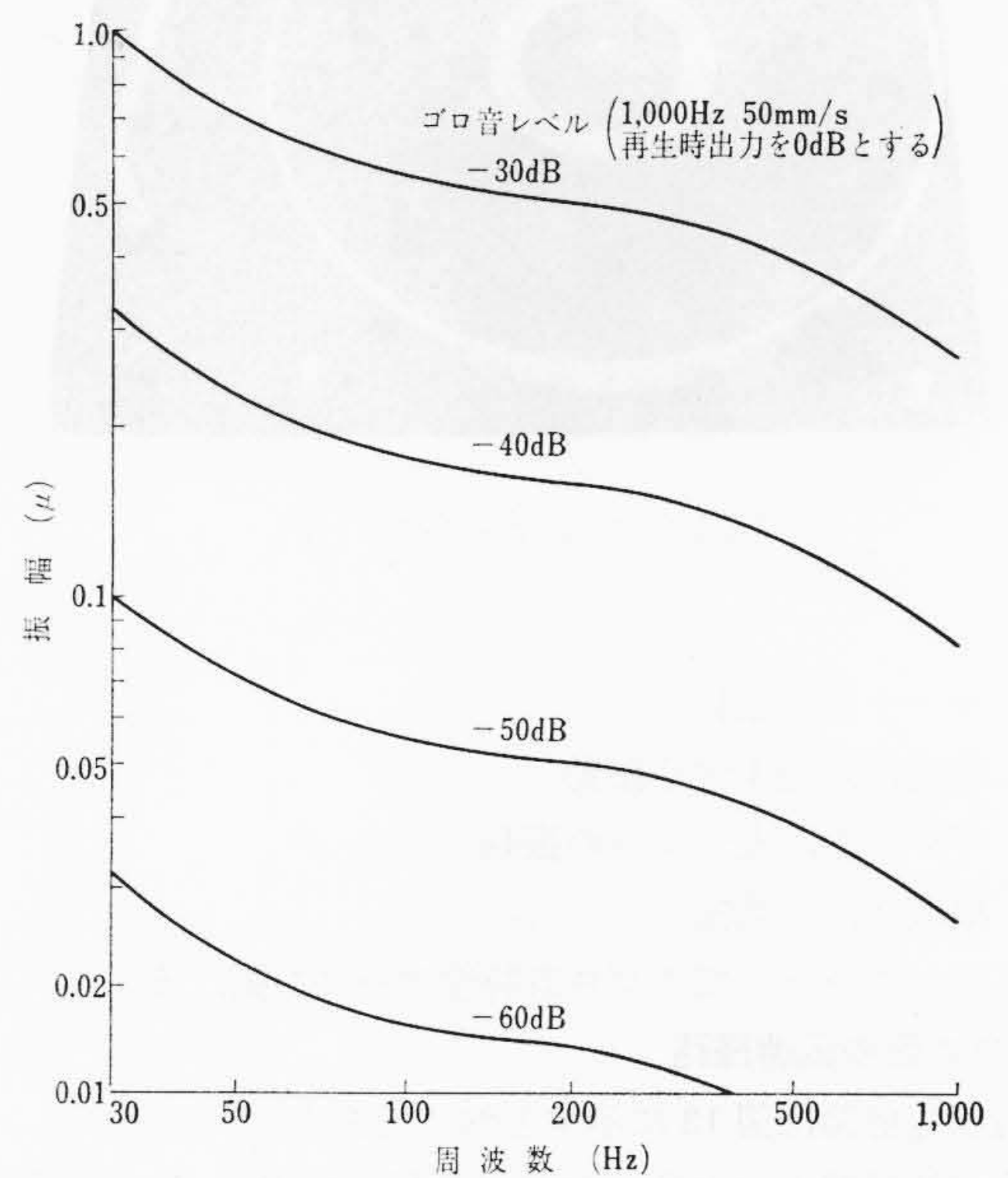


図8 ゴロ音レベルと振幅関係

ベルトより丸ベルトの形状が有利であること、一方ターンテーブル部は丸ベルトのかかるみぞを加工するのがむずかしいことからモートルとターンテーブル間に中間プリーを設けモートルと中間プリー間をシリコン丸ベルトで連絡する方式が有利と考えられる。

(iii) モートルの振動を断つためには振動方向に対してベルトのコンプライアンスを大きくとる必要がある。この意味からは丸ベルトより薄手の平ベルトが有利と考えられるが中間プリーをもうけることによってベルトのコンプライアンスをあまり大きくせずに比較的容易にモートルの振動を断つことが可能となる。

(3) 異なる電源周波数地域でも容易に周波数切換が可能であること。

電源周波数の異なる地域で使用する場合、従来はモートル軸についているプリーを交換していたがこのプリーは入手に手間どるほかに交換作業も容易ではない。このプレーヤーではモートルプリーおよび中間プリーをそれぞれ上下2段にみぞを切り電源周波数によってベルトをかけかえる方式を新しく採用した。図9～図12はプレーヤーの構造、外観を示したものである。

4. ゴロ音の検討

ゴロ音のおもな振動源として次の事項が考えられる。

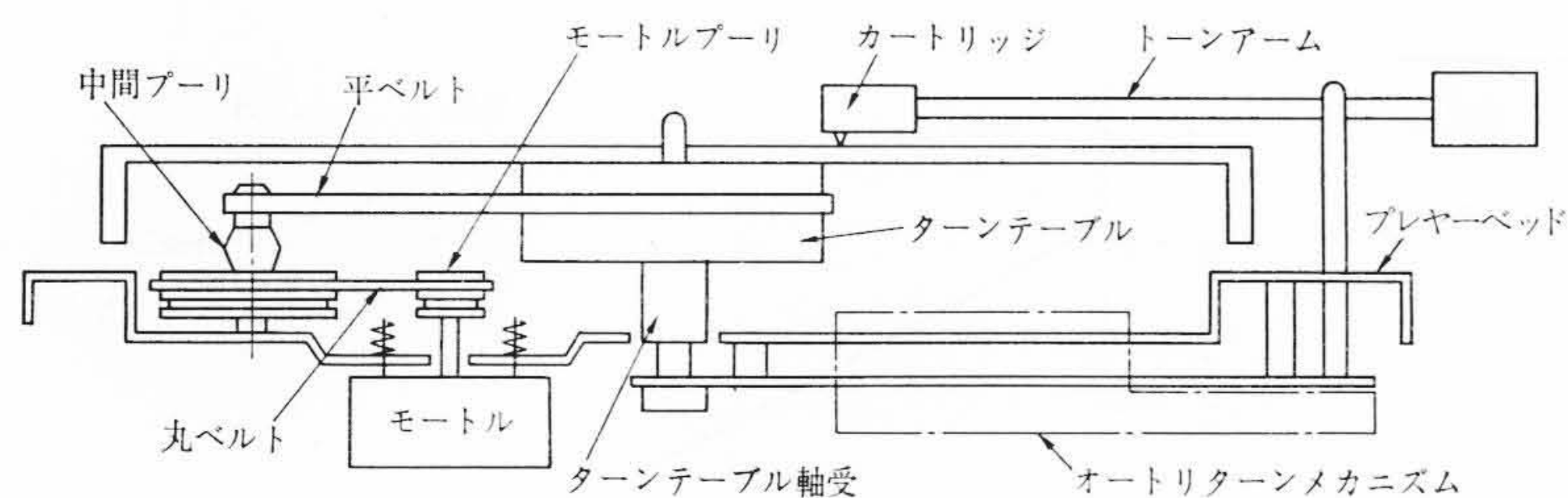


図9 構造図



図10 プレイヤー外観(1)

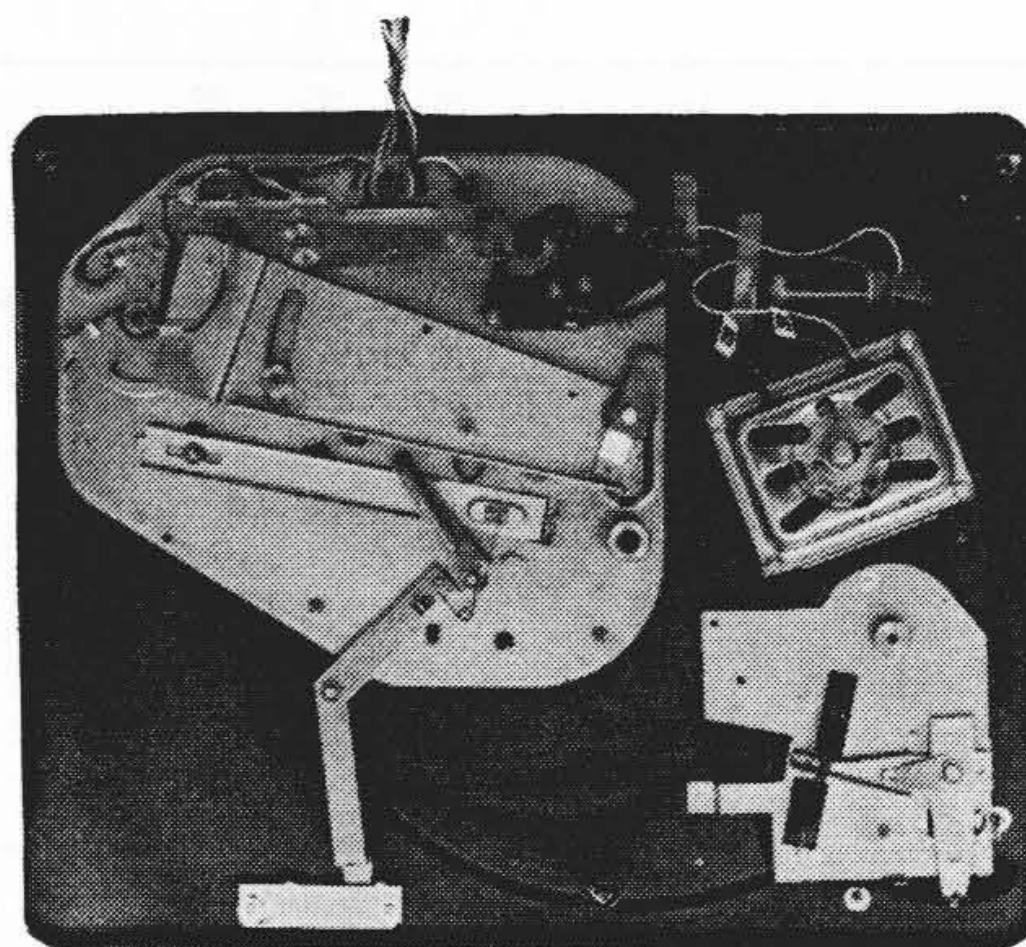


図11 プレイヤー外観(2)



図12 ベルト部の拡大

- (a) モートルの振動
- (b) 軸受から発生する振動
- (c) 平ベルト, 丸ベルトの振動
- (d) 構成部品の共振

以下にプレイヤーとしてのゴロ音特性データを掲げる。

4.1 ゴロ音の伝達経路

ゴロ音伝達経路は図13に示すとおりである。

ゴロ音伝達経路を次の6とおりに分類して考えるのが有利である。経路

- (1) (モートル)→(プレイヤーベッド)→(ターンテーブル)→(レコード)
- (2) (モートル)→(プレイヤーベッド)→(トーンアーム)→(針)
- (3) (モートル)→(丸ベルト)→(中間プーリ)→(プレイヤーベッド)→(トーンアーム)→(レコード)
- (4) (モートル)→(丸ベルト)→(中間プーリ)→(プレイヤーベッド)→(トーンアーム)→(針)
- (5) (モートル)→(丸ベルト)→(中間プーリ)→(平ベルト)→(プレイヤーベッド)→(ターンテーブル)→(レコード)
- (6) (モートル)→(丸ベルト)→(中間プーリ)→(平ベルト)→(ターンテーブル)→(プレイヤーベッド)→(トーンアーム)→(針)

4.2 ゴロ音レベル

ゴロ音伝達経路にそった振動測定値の一例を以下に示す。

ここにレコード面の振動の速度振幅を ξ_r

針先の振動の速度振幅を ξ_p

で表わす。

- (A) モートル回転による振動 経路(1), (2)
- (B) モートルおよび中間プーリ回転による振動 経路(3), (4)

結果

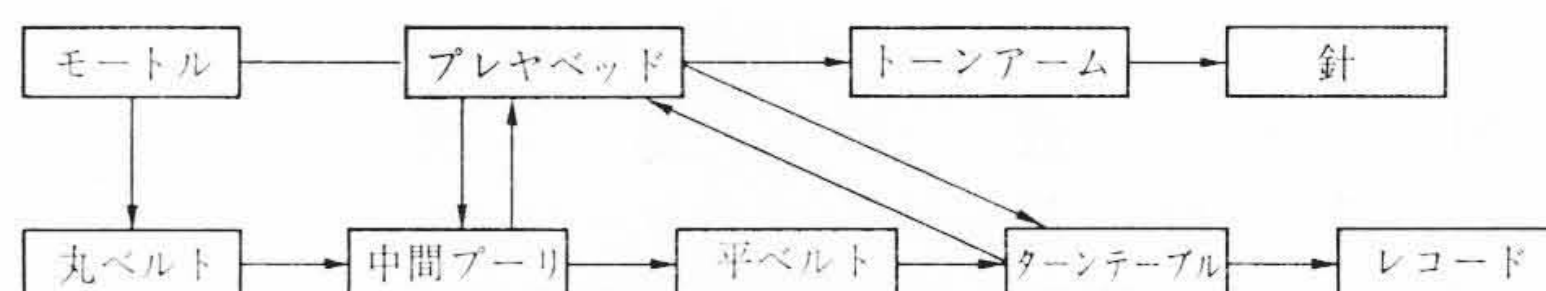


図13 ゴロ音伝達経路

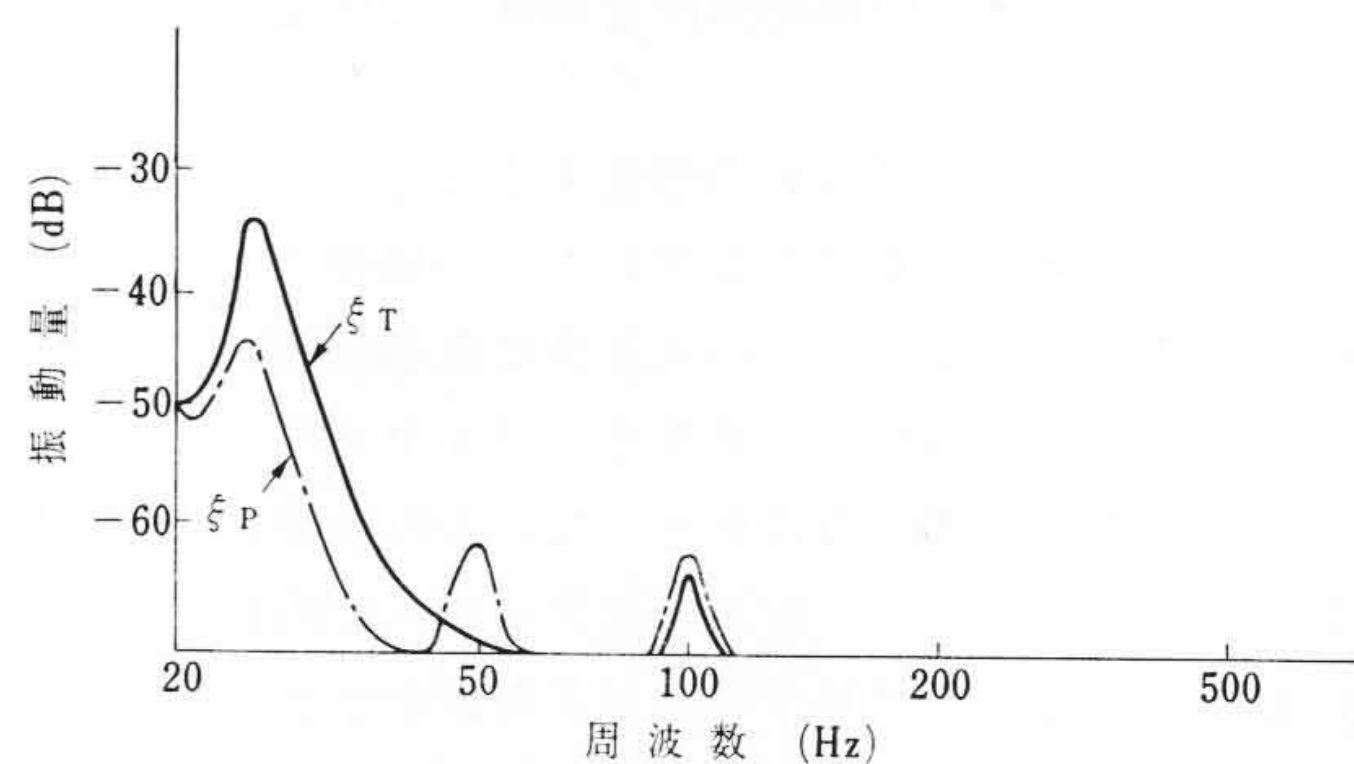


図14 モートル回転による振動

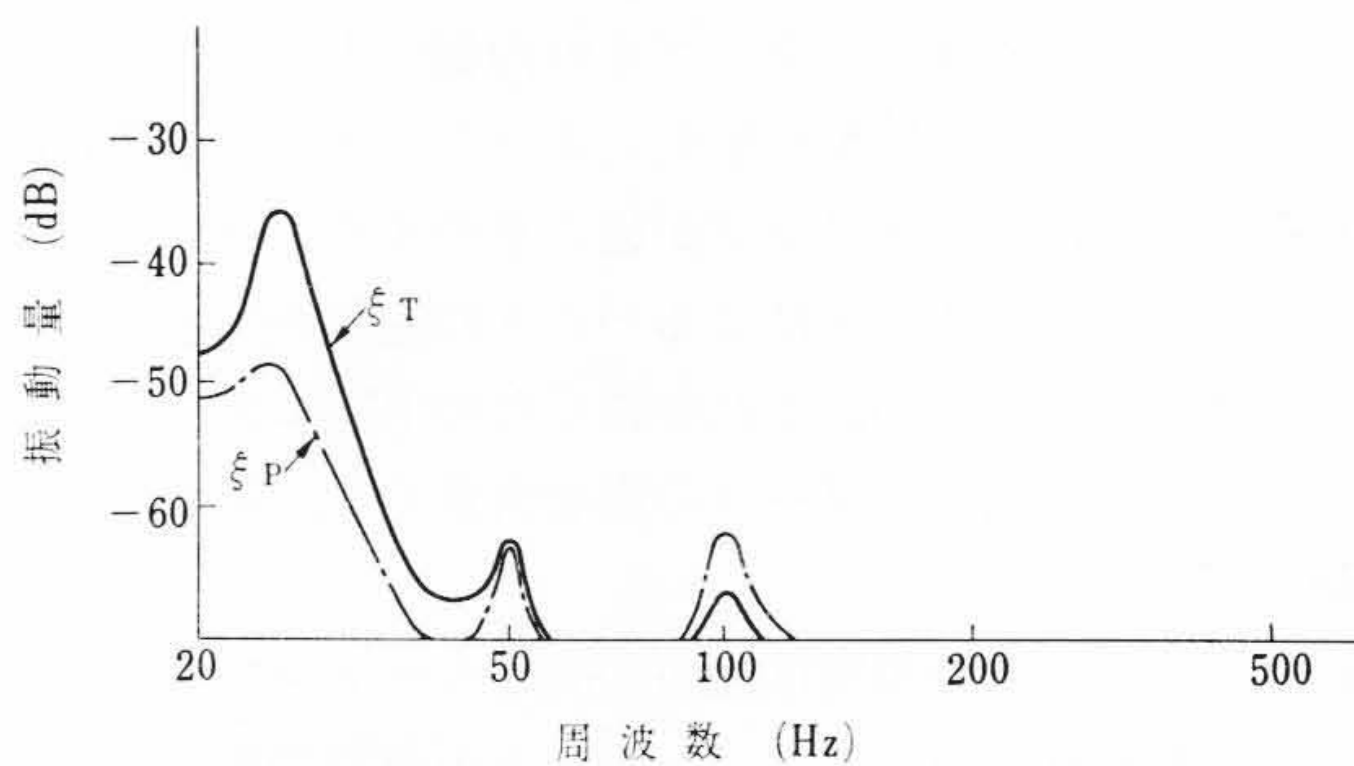


図15 モートル中間プーリ回転による振動

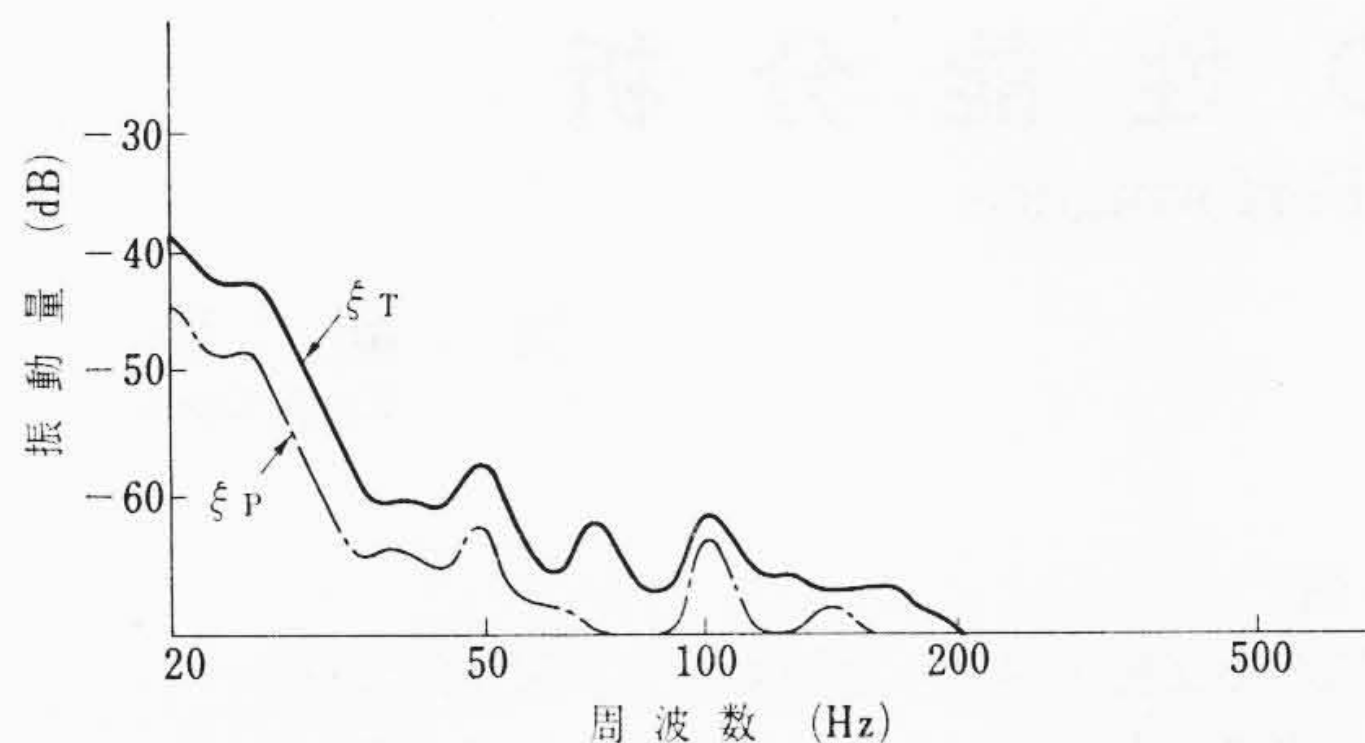


図 16 ターンテーブル回転による振動

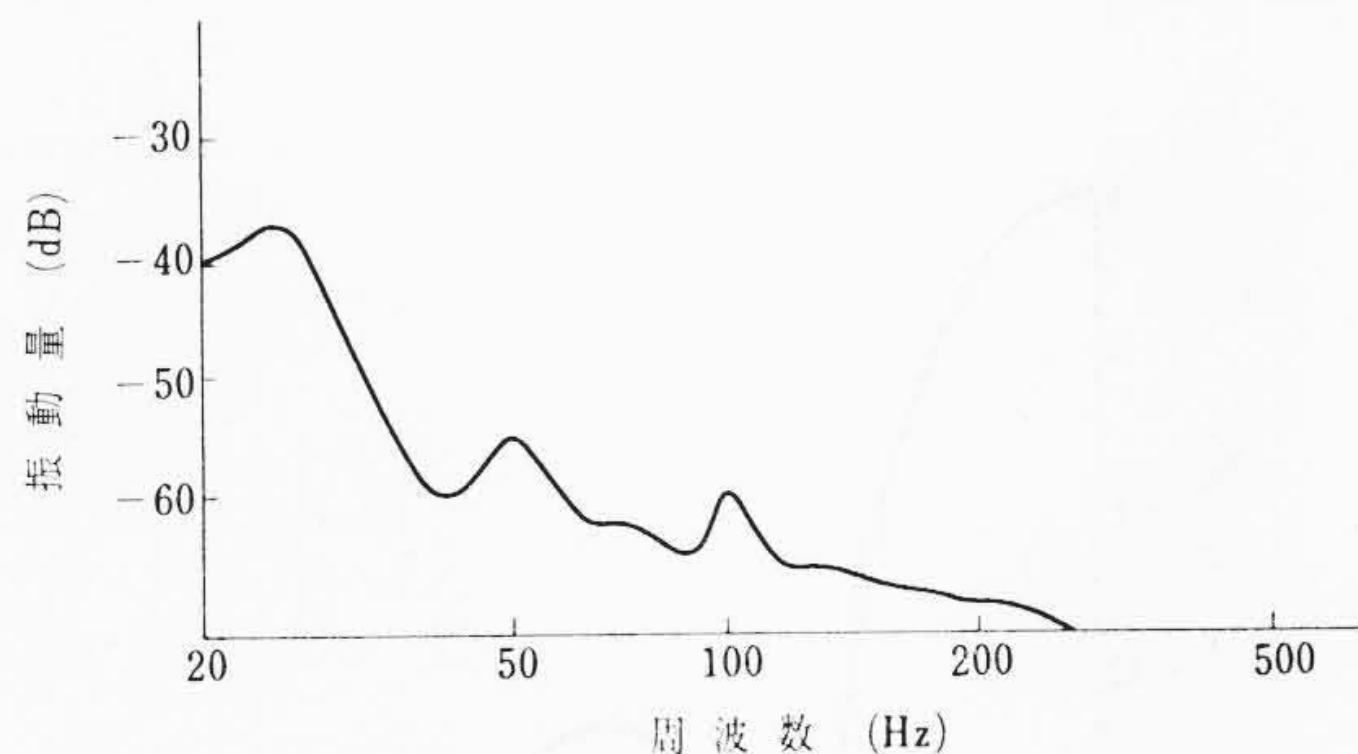


図 17 総合のゴロ音

- (1) 中間プーリを回転させたことによる影響はほとんど無視できる。
- (2) 丸ベルトの共振による影響はあまりみられないが、モートルプーリと中間プーリのみぞが不平行の場合丸ベルトは振動したことがある。したがってプーリの高さにはある程度気を配る必要がある。

(C) ターンテーブル回転による振動 経路 (5), (6)

結果

- (1) ターンテーブルを回転させることによって 25 Hz, 100 Hz 以外の周波数の振動が発生する。
- (2) ターンテーブルを外部から糸ドライブした状態での ξ_T とベルトドライブの場合の ξ_T とを比較するとほとんど差はなくわずかに 100 Hz が 4 dB 程度後者が大きくなるだけであり、また ξ_P についてもほぼ同様のことがいえる。

4.3 総合のゴロ音

総合のゴロ音レベルの一例を示すと図 17 のようになる。

図からわかるようにモートルの回転による 25 Hz, 100 Hz 以外には大きなピークはなく、アイドラリムドライブプレーヤーのゴロ音レベルより数段良い結果がでていいる。なおベルトドライブの場合問題となる回転むらは 0.12% 以下とじゅうぶん満足できる結果が得られている。

5. 結 言

低雑音プレーヤーの開発を目的とし従来用いられていたアイドラリムドライブと方式の異なるダブルベルトドライブ方式を採用することによって、低雑音プレーヤーをコンパクトにまとめることができ、現在量産中の各種のセットに組み込み市販されている。

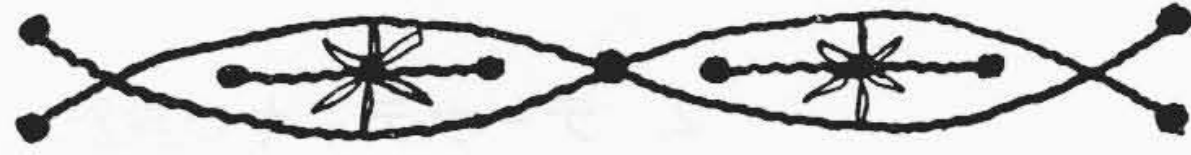
ここではまずゴロ音レベルの設計目標値の設定方法の一例としてレコードの雑音レベルを測定しこれによってゴロ音レベルを設定する方法を述べ、これに基づいて設計したベルトドライブプレーヤーの測定結果の一例について記載した。ベルトドライブ方式のベルトに付随する問題点については省略した。

参 考 文 献

- (1) 二村, 奥田, 城戸, 曾田: 電気音響工学 II (昭 38-12)



特 許 の 紹 介



特許 第478141号 (特公昭40-28985号)

柴 田 満 男

誘 導 円 筒 形 継 電 器

この発明は、一つの誘導円筒に二つの入力電氣量を与えて継電動作をなす継電器において、いずれか一方もしくは両方の入力電氣量の消滅時に発生する磁束の急変に基づく瞬間的な不正規トルクを防止するために、外部回路定数により、この回路に緩衝作用をもたせ前記磁束の急変を緩慢ならしめるようにしたものである。図について 1 は鉄心で極磁極 11~14 および中心極 15 を有し、極磁極と中心極との間に空けき 2 を形成し、この空けき 2 に回転可能に誘導円筒 3 が介装される。極磁極 11~13 および 12, 14 はそれぞれ同一磁束が通過する一対の磁極として形成されたたとえば極磁極 11, 13 には電圧端子 4, 5 よりの電圧が、極磁極 12, 14 には電流端子 6, 7 よりの電流あるいはこの電流に比例した電圧がそれぞれ与えられるようにコイル 8, 9 が巻かれる。すなわち極磁極 11, 14 の相対する 2 極を一対として励磁することにより発生する磁束を ϕ_1 , ϕ_2 とすると円筒 3 にはそれぞれの磁束に対応した渦電流が流れ、この円筒 3 に誘起されるトルクは磁束 ϕ_1 による渦電流と磁束 ϕ_2 とによるトルクと、磁束 ϕ_2 による渦電流と ϕ_1 によるトルクの合成値となり結局トルク T は $K\phi_1 \cdot \phi_2 \sin \theta$ となる。したがっていずれか一方の入力が消滅すれば、これにより瞬間的に大きな渦電流が発生し、ほかの入力による磁束との間に瞬間的に大きいトルクが発生し、このトルクが継電器を誤動作に導くことになる。

この対策としてこの発明では電流端子 6, 7 の電流回路に空けき付変流器 20 を設け、電流を電圧に変換し、コンデンサ 21 と振動回路を形成し、入力電流が急激に消滅しても、この振動回路の電流は回

路定数にしたがって振動しつつ減衰することになり、不正規の瞬間的なトルクの発生する余地はなくなる。また振動回路を電源周波数に共振せしめれば、効率よく減衰電流による位相ずれなどの心配もなくなる。

(西宮)

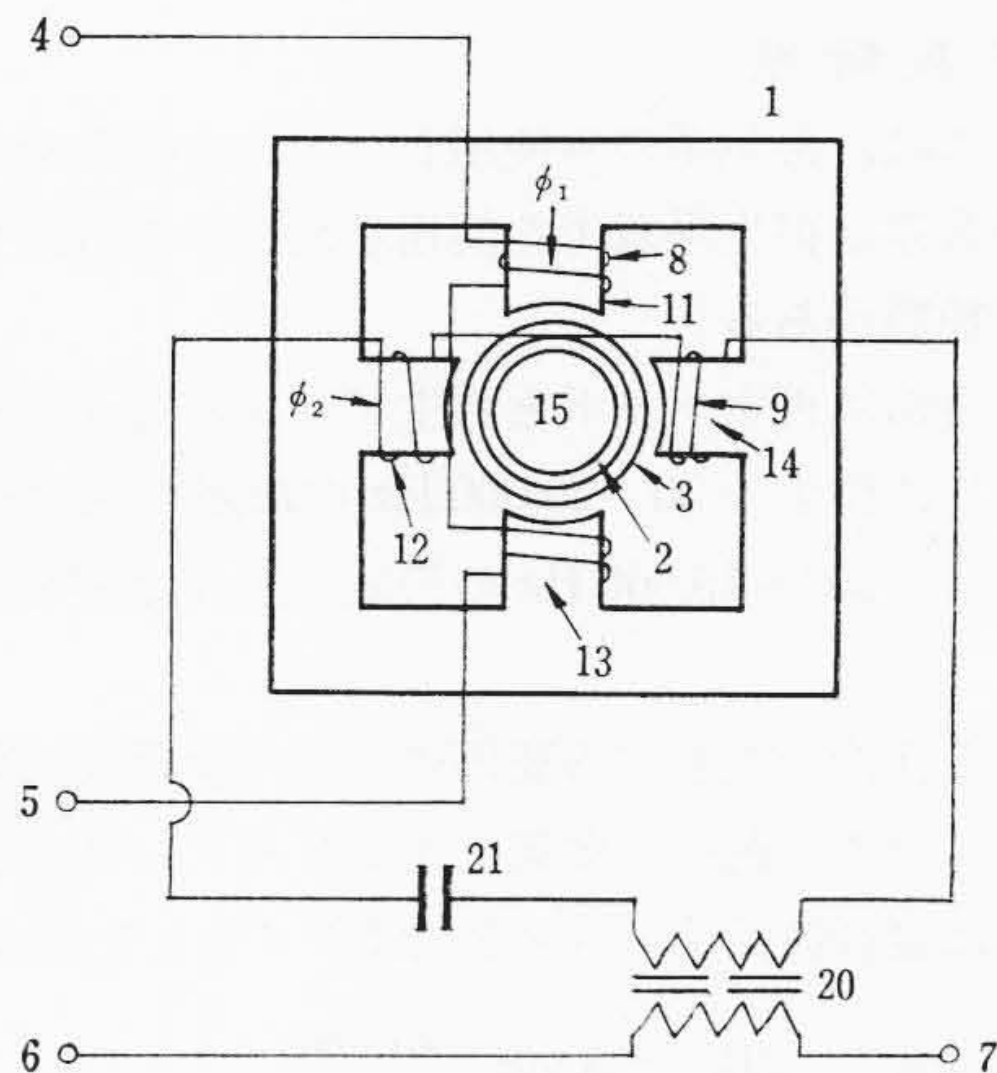


図 1