

UDC 621.396.662-52  
621.396.62

## ポータブルラジオ用自動選局装置の開発

## Automatic Tuning of Portable Transistor Radio

北 市 敏<sup>\*1</sup>・佐々木俊治<sup>\*1</sup>・松下和好<sup>\*2</sup>

Satoshi Kitaichi Toshiharu Sasaki Kazuyoshi Matsushita

**要 旨** ぜんまいを駆動源としたポータブルラジオ自動選局装置を開発した。この概要は軽くボタンを押すとエンドレスバリコンが回転し、トリガ信号にてリレーを動作させ、同調点にてバリコンの回転を瞬時に停止させ、最良の状態にて受信できるようにしたもので、その主な特性は次の通りである。

- (1) 同調精度  $\pm 3\text{kc}$  以内
- (2) 自動および手動の両方で選局ができる。
- (3) 全周波数帯域の走査時間 7.5~15秒
- (4) 受信周波数帯域 540~1,605kc

(昭和40年1月14日受付)

## 1. ま え が き

周知のごとく、今日生産されているラジオは、そのほとんどが手でバリコンを回転し“勘”によって同調合わせを行なう方式を採っており、選局のたびにダイヤルを操作しなければならないわずらわしさがある。すでに自動車用のラジオの一部には予め設定しておいた数局の放送局を押釦操作で選び出す方式のラジオと、駆動源によって同調素子を回動せしめ同調点で自動的に停止せしめるいわゆるサーチチューナ方式のラジオが使用されている。前者は選出放送局の数に制限があるほか受信可能な放送局の周波数が変われば、そのたびに設定周波数を変更しなければならない不便がある。後者にはそのような欠陥はないが、ポータブルラジオの場合には自動車用ラジオのように電源に余裕がなく、寸法、重量にも極度の制限を受け当然のことながら、價格的にも十分安価でなければならない。

今回、われわれはこのような条件を満足する、ポータ

ブルラジオ用自動選局装置の開発に成功し、量産態勢に入ることができたので、その装置の概要につき報告する。

## 2. 装置の構成と動作

まず、今回われわれが目標とした製品の性能をあげると次の通りである。

- (1) 選局方式としては駆動源により同調素子を回動し、同調点で自動的に停止する方式を用いる。
- (2) 電源は乾電池 UM-3 とする。
- (3) 同調素子としてはバリコンを使用する。
- (4) 選局ボタンはできるだけ軽いこと。
- (5) 自動選局のほか、従来のような手動選局も可能なこと。
- (6) 選局後電界強度の変化および外来ノイズにより同調がずれないこと。
- (7) 走査時間はできるだけ早いこと。
- (8) 周囲条件の変化に対し安全で確実に動作すること。
- (9) 同調素子駆動部が回路から容易に分離できて、万一故障の場合の作業性が良いこと。

<sup>\*1</sup> 無線事業本部 研究所  
Research Lab., Wireless Div.

<sup>\*2</sup> ラジオ事業部 商品技術部  
Products Engineering Sub-Dept., Radio Dept.

10 十分な寿命を保証できること。

11 自動選局時の同調精度は $\pm 3\text{kc}$ 以内であること。

このため、まず駆動源としては電流消費のないぜんまいを用いることにした。ぜんまいは一方向にしか回転しないが装置をできるだけ簡単にする意味から、逆転機構を設けず全回転式のバリコンを用いることにし、したがって、バリコンの1回転につき同じ放送局が2回受信できるようにした。また、駆動源の負荷トルクをできるだけ小さく、しかも均一にするためにエアバリコンを採用した。

本装置の全体の構成を第1図に示す。

構成は大別して、ラジオ受信回路、同調点にて自動停止信号を与えるトリガ回路、バリコンとその駆動源、リレーを含めた停動機構、および選局動作をさせるための選局スイッチより成り立っている。

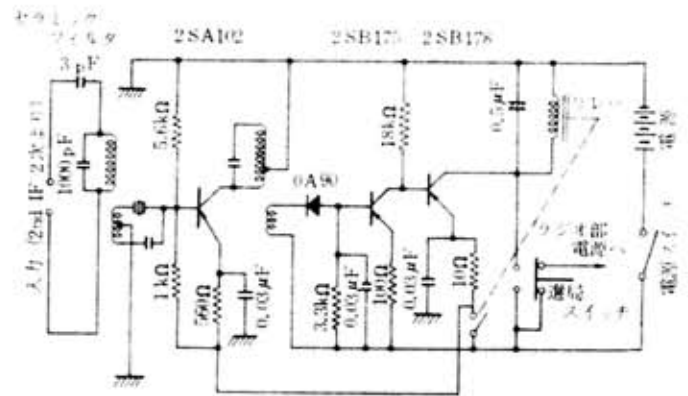
動作順序は、まず選局スイッチを押すとリレーが動作して駆動源の停動装置が外れ、バリコンが回転する。電波を受信するとトリガ回路から出る信号によりリレーが復帰し駆動源に停動装置が係合して、バリコンの回転が停止し、その位置で電波を受信する。

次に、各機構の要素についての大略の説明をする。

2.1 受信回路とトリガ回路

第1図により説明すれば、アンテナより入ってきた電波は周波数変換回路により455kcの中間周波信号に変換され、2段増幅後、検波され音声信号となりさらに2段増幅、および電力増幅されスピーカにて音声となる。以上はラジオ部で従来のセットと何ら異なる所はない。

次に、自動停止信号を与えるためのトリガ回路は第2図に示すごとく、中間周波増幅後の信号を取り出し、その搬送波を検波して利用している。まず、セラミックフィルタにより非常に狭帯域の信号にしてトリガ増幅す



第2図 トリガ回路

Fig. 2. Trigger circuit diagram.

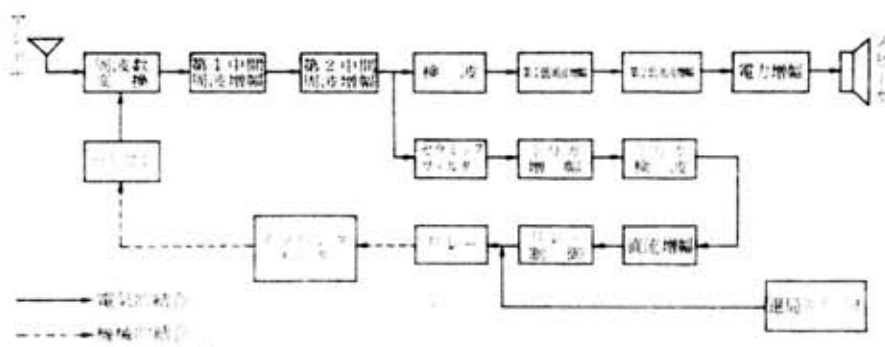
る。これを検波し、この直流分をトリガ信号としてリレーを制御する。電波がない場合はリレー制御用のトランジスタには電流を流す方向のバイアスがかかっており、選局スイッチを押すとリレーは自己保持される。電波が入ってきてその同調点に近づくるとトリガ回路が働き、リレー制御用トランジスタをカットオフしリレーを切り同調を完成させる。実用電界強度、および外来ノイズを考慮してトリガ信号感度をラジオの最大感度より約10dB悪い所として設計した。トリガ選択度特性等については後述の項で同調精度とあわせて説明する。

2.2 バリコン駆動機構と停動機構

前述したように駆動源としては、ぜんまいの弾性エネルギーを用いることにしたが、ぜんまいはその巻き戻り速度を適当な方法で制御しないと瞬時のうちに巻き戻ってしまい使用できない。制御方式としては色々あるが、最も簡単で確実な方法としてぜんまいにより増速歯車を介して羽根車を高速回転させ、その空気抵抗を利用して巻き戻り速度を制御する方式を採用した。また、この方法によるとぜんまいの出力トルクは羽根車の位置ではわず

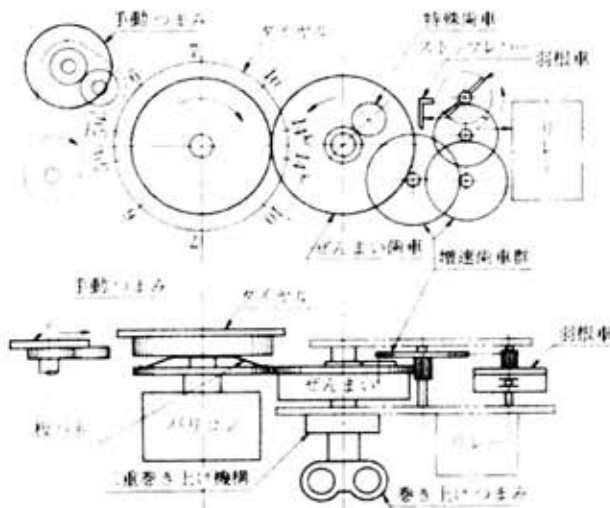
かかトルクとなり、この部分で停動操作を行なえば、リレーの接点切り換え動作のわずかの力で駆動機構の停動を制御することができ、リモートコントロールを行なう場合にも都合がよい。

第3図は駆動機構の構成図である。駆動機構はぜんまいを中心として一方は歯車と板バネによる摩擦クラッチを介してバリコンに連結しこれを回転せしめ、他方は増速歯車を介して羽根車を高速回転（最高約13,000 r.p.m.）さ



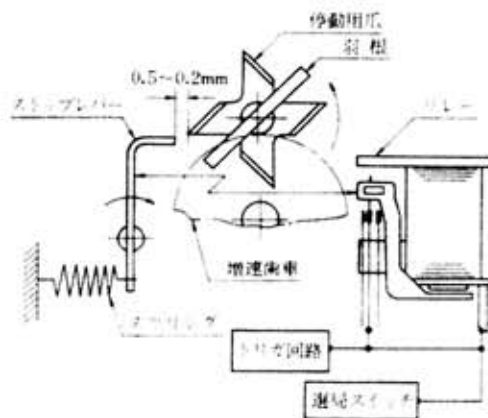
第1図 ブロックダイヤグラム

Fig. 1. Block diagram of the complete receiver circuit.



第3図 機構部構成図

Fig. 3. Structure of driving mechanism.



第4図 停動機構部

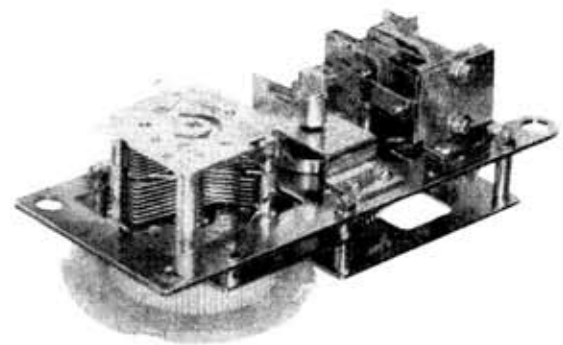
Fig. 4. Stop mechanism detail.

せている。ぜんまいは巻き戻り位置により、その出力トルクが変化するので、ぜんまいの出力トルクが変化してもバリコン回転速度の変化する割合が所定の範囲内におさまるよう特殊歯車を用いてぜんまいトルクの使用範囲を規制している。また、ぜんまいの巻き上げを容易にするため、巻き上げつまみを左右に回転するだけで巻き上げができるような二重巻き上げ機構を採用した。バリコンは前述したように、板バネによる摩擦クラッチを介して回転するようになっているので、手動つまみを目盛板の側面に圧接して回転すれば板バネの所でスリップを生じ、バリコンのみを回転させることができるので、任意の位置で手動選局を行なうことができる。

次に、停動機構は第4図に示すごとく、リレーの接点切り換え動作を直接利用して、羽根車にストップレバーに係合させたり離したりすることで行なう。ストップレ

バーに係合する時のスプリング力はなるべく大きい方が安定であるが、あまり大きくするとリレーの接点切り換え動作で動かすことができなくなるので、リレーの力を最大限利用できるようなスプリングの調節を容易に行なえるようにした。また、リレー接点の動作はわずか0.8mm程度しかないので、ストップレバーと羽根車との係合深さや、離れた時の間隙の大きさが問題となり、その微妙な調整を容易にできるような機構にしている。

羽根車の機構は空気抵抗を受ける羽根と、ストップレバーに係合する数枚のつまみより構成している。これは後述の同調精度を上げる必要からストップレバーに係合するつまみの枚数を増すためである。なお第5図に上記の機構部写真を示す。



第5図 機構部写真

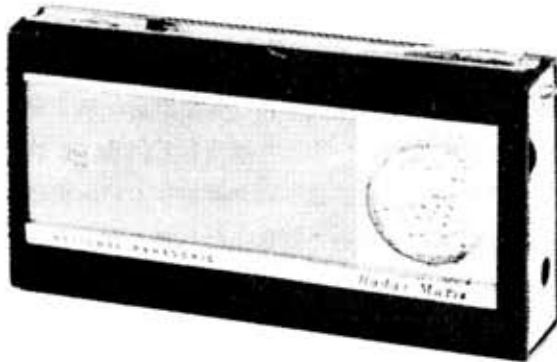
Fig. 5. Photograph of the driving mechanism.

### 2.3 完成品の定格特性

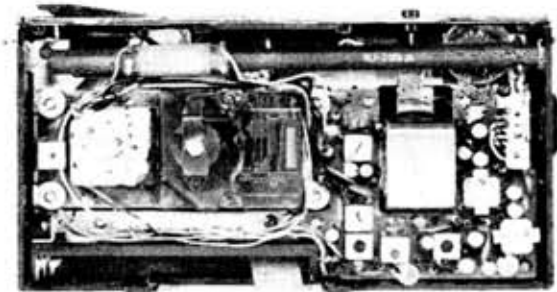
第6図は受信機としての完成品写真、第7図はその内部写真である。その定格特性は次の如くである。

同調操作	自動選局と手動選局が可能。
受信周波帯域	540~1,605kc
中間周波数	455kc
受信感度	輻射感度 100 $\mu$ V/m/50mW
トランジスタ	10石
ダイオード	3個
出力	無重 200mW 最大 300mW
スピーカ	9cm PMダイナミックスピーカ
電池	トランジスタ用乾電池 UM-3 4個 6V
同調方式	全回転式エアバリコン
同調精度	$\pm$ 3kc 以内
全周波帯域走査時間	7.5~15秒
走査回数	ぜんまい完全巻き上げの時バリコン8回転。同一放送局を16回受信

駆動源	可能 ぜんまい式
形状	202(幅)×107(高さ)×47(奥行) (mm)
重量	900g



第6図 完成品外観  
Fig. 6. Photograph of the portable auto-tuning radio.



第7図 内部構造  
Fig. 7. Interior view of the radio.

### 3. 同調精度と装置の設計

自動選局ラジオのもっとも重要なことは同調精度で、装置の設計に際し充分考慮しなければならない。この点について、上記に述べた構成での同調精度の問題を検討し、本装置に用いた設計値とその結果について説明する。なお、同調精度は機構上発生する周波数ずれ（機械的周波数誤差と呼ぶ）とトリガ信号の特性によって定まってくる。

#### 3.1 機械的周波数誤差

この誤差はトリガ信号を受けてから実際にバリコンが停止するまでの周波数ずれのことで、実際にはバリコンの回転角度誤差によって求まる。

次に機械的周波数誤差の要因となる次の2項目について

考えてみる。

(1) タイムラグとバリコン走査時間によるもの。

タイムラグとしては信号を受けてからリレーが復元し始めるまでの時間とストップレバーが羽根車に係合するまでの時間とを加算した値  $T$  (秒) である。一方、この時のバリコン走査時間が  $V$  (秒/回) とすれば、バリコンの角度誤差  $\Delta\theta_1$  (度) としては

$$\Delta\theta_1 = \frac{360}{V} \times T \quad \dots\dots\dots(1)$$

(2) 羽根車の構造とバリコン軸からの増速比によるもの。

羽根車が数枚のつめによってストップレバーと係合し停止する機構になっているため、ストップレバーがつめと係合する位置に達しても装置はつめ数  $N$  (枚) によって少し遅れて停止する場合がある。バリコン軸からの増速比を  $A$  とすると、このために生じるバリコンの最大角度誤差  $\Delta\theta_2$  (度) は次の通りとなる。

$$\Delta\theta_2 = \frac{360}{A \cdot N} \quad \dots\dots\dots(2)$$

以上から明らかなようにバリコンの角度誤差  $\Delta\theta$  は(1)、(2)式を加算した値になる。

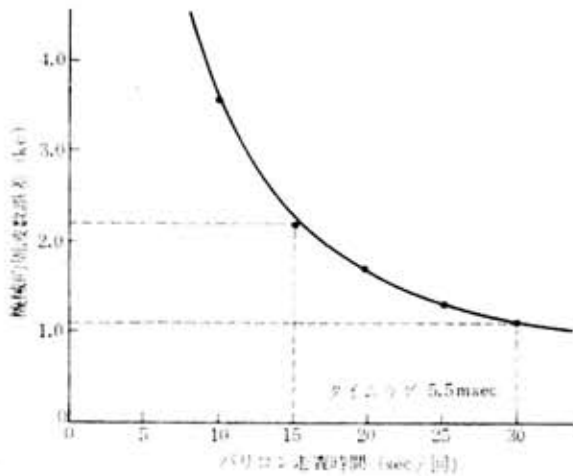
$$\Delta\theta = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 = 360 \times \left( \frac{T}{V} + \frac{1}{A \cdot N} \right) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$T$  の値はほぼ一定と考えれば、誤差をできるだけ小さくするためには  $V, A, N$  をそれぞれ大きくしなければならない。

しかし、 $V$  を大きくすることはバリコンの走査時間を遅くすることになり、実用上の点から考えあまり大きくできない。また、 $A$  は  $V$  の値が定まれば羽根の大きさ等からきまってくる値となる。つぎに  $N$  の値に関しては高速度写真で停止時の状態を解析したところ、種々興味ある現象が得られたが、結果的にはあまり  $N$  を大きくすると、羽根回転数 ( $V$  と  $A$  より定まる) との関係でストップレバーの係合状態が悪くなり逆効果である。

以上はバリコンの角度誤差として検討したが、これを周波数に換算して表現する方が分かりやすい。バリコンの容量変化は回転角度により変化し、その割合は一様でない。すなわち、低周波域では角度に対する変化が少なく、高周波域では大きい。それゆえ機械的に生じる角度誤差が一定でも、低周波域では周波数誤差としては小さくなり、逆に高周波域では大きな値となる。

測定結果は最大の時で 1/0.06 (kc/度)、最小の時で



第8図 タイムラグと走査時間による機械的周波数誤差

Fig. 8. Mechanical frequency error as a function of scanning speed and time lag.

1/1.4(kc/度)である。この値より最大および最小の機械的周波数誤差を求めることができる。

以上の検討をもとにし、本装置では次のような設計値をえらんだ。

- T = 約 5.5msec (測定結果による)
- V = 15~30秒/回
- A = 約3,360倍
- N = 4枚

これらの値から前に求めた機械的周波数誤差の理論上の最大値および最小値を計算すると、最大 2.7kc、最小 0.05kc になる。

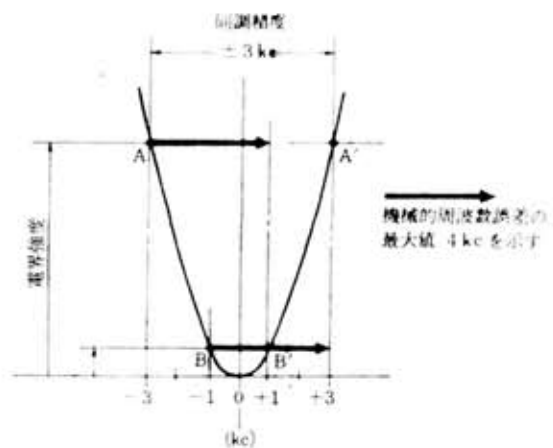
第8図はタイムラグと走査時間による機械的周波数誤差との関係を示したものである。

実験により測定した結果では、理論上の値に近い結果が得られた。実際には量産時のばらつき等の危険を考え、機械的周波数誤差としては  $\pm 0.05 \sim \pm 4$ kc ぐらい発生するものと考えてトリガ特性の設計を行ない、同調精度として  $\pm 3$ kc 以内になるようにした。(注、 $\pm$ の記号を付けているのは、全回転式バリコンでは同一周波数が高い周波数と低い周波数からの2方向より同調するのでおのおの場合で符号が反対の値となるためである。)

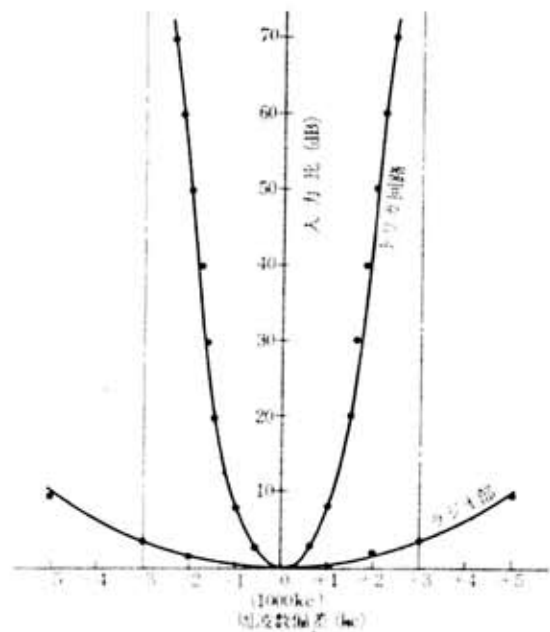
3.2 トリガ信号特性と同調精度

ラジオの選択度特性は強電界の所で一般にブロードになっている。そのため、これをそのままトリガ信号として使用できない。実用上のいかなる電界強度においても、セットの同調精度として  $\pm 3$ kc 以内におさまるよう

にするためには、機械的周波数誤差がほとんど発生しない ( $\pm 0.05$ kc) 場合を考えて、電界強度の大きい地点でトリガ特性の拡がりや  $\pm 3$ kc 内になるような急峻な形状にしなければならない。前述したように、2方向から同調されるため中心周波数に対し左右対称の特性でなければならない。第9図で説明すれば、図示のA点が実用上、最強の電界強度とすれば、ここの拡がりやを  $\pm 3$ kc 以内にしておけば、もし機械的周波数誤差 0 の場合でも同調精度としては  $\pm 3$ kc であり、また最大の機械的周波数誤差 ( $\pm 4$ kc) が発生しても、同調精度としては  $\pm 1$ kc におさまることになる。このようにして決定されたトリ



第9図 トリガ特性と同調精度の説明図  
Fig. 9. Illustration of tuning error.



第10図 トリガ選択度特性  
Fig. 10. Selectivity characteristics of trigger circuit.

が特性は電界強度の弱い所で機械的周波数誤差が最大( $\pm 4\text{kc}$ )になった時に問題になる。すなわち、中心より $\pm 1\text{kc}$ の地点Bから信号が出る電界強度の位置で機械的周波数誤差が $\pm 4\text{kc}$ 発生した時、セットとしては $\pm 3\text{kc}$ になるが、これ以下の電界強度では同調精度として $\pm 3\text{kc}$ 以上の誤差となる。しかし、これは実用にならないような弱電界の範囲であり問題にならない。

以上のようにトリガ回路の特性は、同調精度の目標値(この場合 $\pm 3\text{kc}$ )と、機械的周波数誤差の最小値とより決定されるもので、機械的周波数誤差の最小値は特に電界強度の弱い地点でのことを考え、できるだけ小さな値にするようにしなければならない。

第10図は本装置で設計したトリガ選択度特性曲線である。

本装置の実験結果では十分満足な値が得られ、ラジオの同調精度として $\pm 3\text{kc}$ 内に納めることができた。

#### 4. 実験結果

- (1) 同調精度  $\pm 3\text{kc}$  以内である。
- (2) 寿命テスト
  - (a) 連続停動試験
    - (i) 同調精度はやや悪くなったが実用上問題がなかった。

- (ii) ストップレバーや羽根車のつめの摩耗は多少生じたが使用には十分である。
- (iii) 歯車および軸受けの摩耗はほとんど認められない。
- (iv) 潤滑油の変質はなく、また多少の拡散が生じたが使用には十分である。

#### (b) 特殊テスト

- (i) 温度テスト,  $+50\sim-10^\circ\text{C}$ で正常に動作する。
- (ii) 耐温, 耐震, 耐衝撃, 塵埃テストにおいて問題はなかった。

#### 5. あとがき

以上、装置全体の概要についての説明しかできなかったが、このほかにぜんまいトルクと回転速度との関係、歯車歯型、羽根車の高速回転にともなう軸受、潤滑油の問題、材質の問題、また電気回路と機械の結合による問題等があった。しかし、当初目標とした性能を満足する装置の開発ができ、量産態勢に入ることができた。

最後に本研究開発に際し御指導下さった無線事業本部研究所 城阪所長、辻次長、山本課長、ラジオ(事)今村部長、仲井課長、ナショナル電気時計(株)藤沢常務に厚く謝意を表します。