CdS による映像回路の遠隔利得制御

株式会社 NET テレビ 川 口 慎 一 朗
松下通信工業株式会社 須 川 兼 好

半導体機器の映像回路における遠隔利得制御の方式は種々あるが、いずれも満足できる特性が得られていない。そこで、CdSの抵抗値が明るさによって変化することを利用する方式について考察し実験した。その結果、きわめて簡単な機構で、カラー機器について要求される特性を充分満足することがわかった。

1. ま え が き

半導体機器は急速な発展をしたが、映像機器における遠隔利得制御の方式に問題を残している。各社、回路とか機構などに種々の方式を発表しており、モーターによるサーボ機構、トランジスタの動作点を变化させる方法、トランジスタのインピーダンスを変える方式などがある。しかしながら、いずれも機構上、特性上、満足できないのが現状である。

そこで、従来の欠点を解決しようと、新方式として光導電セル CdS を使用し実験した。CdS は光が当たると、その光の量に応じて抵抗値が変化する半導体で、自動点滅器などのスイッチ、露出計などに利用されている。この特性を映像回路の遠隔利得制御に应用したものである。光の量の変化はランプで行ない、ランプ供給電圧を变化させることによって利得制御ができる。この方式の遠隔制御機構は、ランプ電圧のみを制御すればよいから非常に簡単であり、装置はモーター式のものよりは小形化できる。また、特性はカラー機器で問題となる微分位相、微分利得や絶対位相の変化に対して好結果を得たものである。

筆者紹介

かわぐちしんいちろう

川口慎一郎 昭和33年、早稲田大学電気工学科卒業。昭和34年、同大学大学院通信機器専修、同年、株式会社日本教育テレビ入社、中継課にてテレビ放送に従事後、昭和38年、技師長室勤務となり、以来、主に映像関係の内外放送機器の調査研究、放送装置と映像機器の設計、増設、変更等を行なっている。正会員。

すがわかねよし

須川兼好 昭和28年、香川県立多度津工高電気科卒業。同年、八咫電機株式会社入社、航空機用無線機、誘導機器、映像機器などの開発設計に従事、昭和34年、東京電機大学通信工学科卒業、昭和36年、芝浦工大機械工学科中退、同年、松下通信工業株式会社入社、主に映像機器、VTRの開発設計に従事、現在、放送技術課に勤務。正会員。

のである。

2. CdS 素 子

CdS 素子の構造、特性などについては専門分野で論じてあるから、実際に使用上の特徴について述べると、一般に CdS 素子は、次のように発表されている。

- (1) 小形、軽量である。
- (2) 低照度できわめて高感度、高性能である。
- (3) 経時的に安定度が高い。
- (4) 周囲温度による影響がほとんどない。
- (5) 光による応答時間が短い。
- (6) 小形で、しかも許容電力が大きい。
- (7) 極性がない。

市販されている CdS 素子は多数の品種があり、選択がむずかしい。表1に市販のもののデータを示す。その中

表 1 CdS の定格

	M社1	M社2	M社3	H社1	H社2
光電流 (μA)	3~50	4~100	4~110	—	—
暗電流 (μA)	2.5 以下	2 以下	2 以下	—	—
分光感度 (Å)	4000~7500	4000~7500	4000~7500	4000~8000	4000~8000
光応答時間 (ms)	13	13	13	—	—
最大許容電力 (W)	0.03	0.05	0.05	0.2	0.05
最大印加電圧 (V)	20	30	30	100	100
許容周囲温度 (°C)	-30~+60	-30~+60	-30~+60	-30~+70	-30~+70
抵抗値	0.1 lx	1 MΩ	200 kΩ	100 kΩ	1 MΩ
	10 lx	30 kΩ	10 kΩ	7 kΩ	5 kΩ
	100 lx	10 kΩ	2 kΩ	1 kΩ	2 kΩ

の一例について光電流、抵抗特性を図1⁴⁾にあげた。CdSの抵抗値は光の変化に対して顕著に変わり、その変化範囲は大きいことがわかる。

3. CdS モジュールの構造と特性

3.1 CdS モジュールの構造

実際に使用した CdS 素子とランプを収めたものを CdS

"Remote Gain Control System with the CdS" by Shinichiro Kawaguchi (Nippon Educational Television Co. Ltd., Tokyo), Kaneyoshi Sugawa (Matsushita Communication Industrial Co. Ltd., Yokohama)

図1 照度-光電流および照度-抵抗特性

モジュールと名づけた。CdSモジュールの基本的構造は図2に示す。これは発光素子(ランプ)と感光素子(CdS)を対向して配置し、外部からの光の影響がないようにケース内に収めたものである。CdSはランプの光にだけ感ずるようにしてあり、両者の間は光学的にのみ結合し、なんら電氣的に結合のない構造となっている。このモジュールは、すでにアメリカ Raytheon 社で Raysistor¹⁾ という商品名で発売しているものと、基本的には同じ構造である。しかしながら Raysistor は浮遊容量、極間容量が大きいためこの点に改良を加えたもので、使用した CdS モジュールは写真1に示す。これは CdS 素子4個とランプ2個を収めたもので、CdS素子とランプの交換が容易にでき、ランプの放熱を考慮してある。写真でわかるように非常に小形で、適当な個所に取りつけられる。

3.2 CdS モジュールの特性

(1) 抵抗特性

CdSモジュールの実測の抵抗特性を図3に示す。CdSの抵抗値はランプ供給電圧の変化によって変わり、電圧が0のときには、だいたい1MΩの値となり、電圧を上げると約数百Ωの値にまでなる。特にCdSの抵抗値はランプ電圧に対して非直線的に変化している。この傾向

図2 CdS モジュールの基本構造

写真1 CdS モジュール

図3 ランプ電圧-抵抗・容量特性

は CdS 素子の種類にかかわらず、抵抗値が異なるだけで同様の曲線が得られ、Raysistor についても同じである。このことは AGC 増幅器とか安定化増幅器などで、単に利得を制御する場合にはあまり支障がない。しかし、混合増幅器などに使用するときには、一般に減衰量は、制御に対して直線または指数関数的に変化することが要求される。そのためにはランプ制御電圧を減衰量が直線になるようにするなどの対策を講じなければならない。一方方法として筆者の場合には、制御の可変抵抗器に何点かの端子を設け、固定抵抗器を並列に接続して可変抵抗器の変化曲線を変えるようにした。

(2) 周波数特性

CdSモジュールの使用方法によっては問題とならないが、筆者の採用した回路では CdS 素子に映像信号を通すから CdS モジュールの周波数特性が影響する。現在、市販の CdS 素子は周波数帯域については考慮されていないと思う。帯域幅を映像周波数帯域の 8 Mc あたりまで使用しようとするなら、多品種の中から選択しなければならない。いま CdS 素子の抵抗値を $R+jX$ と考えるならば jX の項が問題となる。図3は極間容量を実測したものであるが、インダクタンス分が認められる CdS 素子もある。ランプ供給電圧の変化で極間容量が変わる CdS であってはならないし、また、その容量は純抵抗値が変化するから、できるだけ小さい CdS であることが選択の条件となる。

(3) 温度特性

トランジスタ、ダイオードなどの半導体ではひとつの欠点であるが、CdS素子については良好なものがある。図4に示す恒温槽による温度試験から、非常に広い範囲で安定に動作していることがわかる。CdSモジュールの

図 4 CdS 素子の温度特性

発熱体はランプで、CdS の抵抗値が小さいときには、ランプ供給電圧はスイッチ ON で通常の動作状態であるから発熱が大きい。そのため放熱を考慮する必要がある。Raysistor は温度による抵抗値の変化が一般に大である¹⁾

(4) 光応答時間

光が照射されて CdS 素子の抵抗値の変化が 90% に達するまでの光応答時間は、だいたい 10~30 ms で問題ないが、CdS モジュールとしては、ランプがきいてくる。ランプは周知のように、スイッチ ON と OFF の場合で異なり、また印加電圧によっても違ってくる。CdS モジュールの応答時間の試験結果を写真 2 に示した。ランプ供給電圧が ON で CdS モジュールの出力は 70 ms 後に立ち上がり始める。CdS モジュールの出力が 90% に達するまでには、さらに約 60 ms を要する。

この特性は本方式の最大の欠点で、AGC 増幅器に使用する場合には応答時間が問題となり、混合増幅器の場合には、フェーダーの操作速度に対して時間ずれが生じる。

(5) 寿命

CdS 素子の経時変化については図 5⁴⁾に示す。このグラフはだいたい 3,000 時間の結果である。CdS 素子の寿

上: CdS 素子映像出力波形, 下: ランプの供給電圧 (10V)
時間軸: 10 ms/div

写真 2 CdS モジュール応答時間

図 5 CdS の経時変化特性

命の問題については使用結果を見なければ判断できないが、かなり長寿命であることは、この図から推測できよう。したがって、CdS モジュールとしては、ランプの寿命に左右されると思われる。一般に小形のランプで長寿命といわれる航空機用ランプを採用した。

4. CdS モジュールを使用した回路

CdS モジュールを使用する回路としてはいろいろ考えられ、一方法として従来の回路の可変素子を置換する方法がある。しかしこの方法では、特性的には変わらず、単に遠隔制御の利点に加わるにしかすぎない。図 6²⁾にその例をあげた。そこで筆者は特性上の改善を主眼として、直接 CdS 素子に映像信号を通す方法をとった。図 7 がその基本回路である。E_{IN} の映像信号は CdS 素子を通り E_{OUT} に映像出力として取り出す。したがって、CdS モジュールのランプ電圧を変えることにより映像出力が制御できる。

CdS 素子に直接映像信号を通した場合、CdS 素子が純抵抗ならば諸特性の変化は少ないが、実際には 3.2 の(2)の項で述べたように純抵抗ではない。その場合考えられるものとして、

図 6 CdS モジュール使用回路

図 7 基本回路

図 8 等価回路

- (1) CdS 素子のインダクタンス
- (2) CdS 素子の極間容量
- (3) CdS モジュールの浮遊容量

などがある。インダクタンス分は実際上非常に小さく、無視できる CdS 素子を選ぶものとすれば、図 7 の基本回路の等価回路は図 8 のようになる。図 8 の等価回路で、 C_1 は CdS 素子の極間容量、 C_2 は CdS モジュールの浮遊容量、 $2R$ は CdS 素子の抵抗値である。

この等価回路を解析すると、モジュールの出力端に Z_0 なる負荷インピーダンスを接続したとき、回路網の伝達関数 $Z_T(s)$ は次のようになる。

$$Z_T(s) = \frac{Z_0(S^2 C_1 C_2 R^2 + 2SC_1 R + 1)}{S^2 C_1 C_2 R^2 Z_0 + SR\{Z_0(2C_1 + C_2) + C_2 R\} + 2R + Z_0} \quad (1)$$

S を $j\omega$ で置き換え、回路網の入力が 1 とすると利得は、

$$A = \frac{Z_0(1 - \omega^2 C_1 C_2 R^2 + 2j\omega C_1 R)}{Z_0(1 - \omega^2 C_1 C_2 R^2) + 2R + j\omega R\{Z_0(2C_1 + C_2) + C_2 R\}} \quad (2)$$

である。また、この場合の入力端のインピーダンス Z_i は

$$Z_i = \frac{Z_0(1 - \omega^2 C_1 C_2 R^2) + 2R + j\omega R\{Z_0(2C_1 + C_2) + C_2 R\}}{1 - \omega^2 C_1 C_2 R(R + 2Z_0) + j\omega R\{R(2C_1 + C_2) + C_2 Z_0\}} \quad (3)$$

となる。出力端の負荷インピーダンス Z_0 は回路網の入力端子と出力端子とを逆にして考えればよいから、 Z_i と Z_0 を入れ換えたものとなる。位相については、(2)式から

$$\phi = -\tan^{-1} \frac{\omega R \{C_2(Z_0 + R)(1 - \omega^2 C_1 C_2 R^2) - 4C_1 R\}}{Z_0 \{\omega^2 C_1^2 R^2 (\omega^2 C_2^2 R^2 + 4) + 1\} + 2R} \quad (4)$$

である。したがって、CdS モジュールに映像信号を通す場合には、 C を含む項が利得、位相などの特性に影響してくるから、 C はできるだけ小さくする必要のあることがわかる。すなわち、減衰量 α は(2)式から

$$\alpha = \frac{1}{2} \log_e \frac{(Z_0 + 2R)^2 + \omega^2 R^2 Z_0^2}{Z_0^2 + \omega^2 R^2 Z_0^2} \cdot \frac{(\omega^2 C_1^2 C_2^2 R^2 + 4C_1^2 + 2C_1 C_2 + C_2^2 + \frac{2C_2^2 R^2}{Z_0} + \frac{C_2^2 R^2}{Z_0^2})}{(\omega^2 C_1^2 C_2^2 R^2 + 4C_1^2 - 2C_1 C_2)} \quad (5)$$

が得られ、 C が充分小さくて $\omega^2 C_1^2 C_2^2 R^2 \ll 4C_1^2 - 2C_1 C_2$

なるとき、(5)式で分母が周波数に対し影響のないような範囲は次のようになる。

$$Z_0^2 \gg \omega^2 R^2 Z_0^2 (4C_1^2 - 2C_1 C_2) \quad (6)$$

また、(5)式の分子も同様に考えると、最後の項が大きいため近似的に

$$(Z_0 + 2R)^2 \gg \omega^2 C_2^2 R^4 \quad (7)$$

であり、(6)式と(7)式より C は

$$2C_1 - \frac{1}{2\omega^2 C_1 R^2} \ll C_2 \ll \frac{Z_0 + 2R}{\omega R^2} \quad (8)$$

となる。(8)式が周波数に対する容量 C の限界を示すものである。したがって、減衰量を高域周波数で充分とるときには、 C は非常に小さい値を必要とし、(8)式の限界を越える場合には、利得制御範囲を狭くしなければならず、広くすれば周波数特性が利得制御に対して変化することになる。

CdS モジュールの前段は、負荷側に容量分をもつ CdS モジュール、増幅器などが接続されるから周波数について考慮すると、CdS モジュール前段のインピーダンスは充分低いことが要求される。出力端も次段の増幅器などの影響を少なくするには低いほうがよいが、出力端のインピーダンス Z_0 は、利得、位相と周波数などより決定しなければならない。いま簡単に周波数の問題について Z_0 を求めると、(3)式より、 R が小さい場合で $\omega^2 C_1 C_2 R^2 \ll 1$ のとき

$$Z_0 \approx Z_i + 2R \quad (9)$$

である。以上が CdS モジュールを使用した場合の設計条件である。試作したものの例は次のようになる。

インダクタンス分がきわめて小さく、容量分の少ない CdS 素子を選び、製作したところ、 $C_1 = 2\text{pF}$ 、 $C_2 = 2\text{pF}$ 、 $R = 100\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ の CdS モジュールが得られた (CdS 素子: H 社, ランプ: 航空機用ランプ #327)。出力端の負荷インピーダンスは $Z_0 = Z_i + 200\Omega$ で、利得は Z_i が 200Ω より充分小さいとき -6dB が得られる。利得制御範囲を 100kc の周波数で $-6 \sim -46\text{dB}$ とすると、CdS 素子の抵抗値は $2R = 200\Omega \sim 20\text{k}\Omega$ となる。その場合、ランプ供給電圧は図 3 から $4.8 \sim 14.5\text{V}$ にすればよい。

入出力端のインピーダンス、利得制御範囲と利得は求められたが、カラー映像機器の場合には、微分位相、微分利得と同様に利得制御時における位相偏差が重要な問題となる。カラーバースト周波数の 3.58Mc について CdS の抵抗値の変化に対する位相を(4)式より求めると

$$(1) \text{ 利得が } 100\% \text{ のとき } \phi \approx 0$$

$$(2) \text{ 利得が } 50\% \text{ のとき } \phi \approx -0.17^\circ$$

となる。

以上の結果、実際に CdS モジュールを組込んだ回路が図 9 である。TR₁ と TR₂ はその出力インピーダンスを

図 9 利得制御実験回路

表 2 諸 特 性

(1) 周波数特性

周 波 数	(a) 実 験 回 路			(b) 混 合 増 幅 器		
	60 c/s ~ 7 Mc	7 ~ 8 Mc	8 Mc 以上	60 c/s ~ 7 Mc	7 ~ 8 Mc	8 Mc 以上
偏 差	0 dB	0 dB	-0.1 dB	0 dB	0 dB	-0.2 dB

(2) 波形のひずみ

ひ ず み	周 波 数			周 波 数		
	60 c/s	15 kc	250 kc	60 c/s	15 kc	250 kc
立 上 り 時 間	—	0.04μs	0.04μs	—	0.04μs	0.04μs
サ ー ク ル 時 間	0.7%	0.7%	0.7%	0.5%	0.2%	0.2%
オ ー バ ー シ ュ ー ト (0.1 μs 以上)	—	1 %	1 %	—	1 %	1 %
オ ー バ ー シ ュ ー ト (0.1 μs 以下)	—	2 %	2 %	—	2 %	2 %

(3) 微分位相, 微分利得

平 均 階 調 度 (APL)	APL 10%	APL 50%	APL 90%	APL 10%	APL 50%	APL 90%
微 分 位 相	0.2°	0.1°	0.2°	0.3°	0.2°	0.2°
微 分 利 得	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%

(4) 漏 洩 量

周 波 数	100 kc	4 Mc	8 Mc	100 kc	4 Mc	8 Mc
漏 洩 量	-40 dB	-34 dB	-29 dB	-64 dB	-47 dB	-40 dB

(5) 利得制御による諸特性

フ ェ ー ダ ー 位 置	100%	50%	25%	MIX-A	50%	MIX-B
微 分 位 相	0.2°	0.3°	—	0.2°	0.3°	0.2°
微 分 利 得	0.2%	0.4%	—	0.2%	0.5%	0.2%
位 相 偏 差	0°	-0.9°	-3.0°	0°	-0.5°	0°

- 注 1) 周波数特性は, 利得制御が最大で, 入出力レベルが0.7 Vp-p のとき 100 kc を基準とした出力における偏差である。
 2) 波形ひずみは, 周波数 60 c/s および立上り時間 0.04 μs の 15 kc, 250 kc の対称方形波入力に対しての出力波形のひずみである。
 3) 微分位相, 微分利得は, 入力 0.7 Vp-p の 3.58 Mc で 10% 変調された階段波を有する平均階調度 10, 50, 90% の特殊信号波形で測定したとき, 0 番の 3.58 Mc に対する位相変化, 振幅変化である。
 4) 漏洩量は, 利得制御が最小のとき 100 kc を基準とした出力における漏洩量である。
 5) 利得制御による諸特性で微分位相, 微分利得は, 平均階調度 90% であり, 3.58 Mc に対する位相偏差である。

下げるために補対称回路とし、 Z_0 は CdS モジュールの負荷インピーダンスをきめる抵抗器である。TR₄ は Z_0 に影響がないように入力段は高インピーダンスとし、TR₃ は遠隔制御のためベースを制御して VR_1 を流れる電流を減じたものである。コンデンサ C_0 は直流分を阻止する大容量のもので、 C_0 の容量は次の式⁶⁾で与えられる値が適当と思われる。すなわち、 f_v c/s の対称方形波を増幅したときのサグ $\chi \times 100\%$ は、 $\chi \ll 1$ のとき

$$\chi = \frac{1}{2f_v} \cdot \frac{1}{(r_g + h_{IE'})C_0} \quad (10)$$

で、前段のトランジスタがコレクタ接地回路のときには、(10) 式は次のようになる。

$$\chi = \frac{1}{2f_v \{2R + Z_0 + (h_{oc})'\}C_0} \quad (11)$$

ただし、 $R_1 h_{oc} \gg 1$

(11) 式に数値を代入して計算すると、コンデンサの容量は $1,800 \mu\text{F}$ となる。筆者の実験回路の場合には $500 \mu\text{F}$ とし、次段でサグ補償をした。また、CdS モジュールの出力が -6 dB のために、後段で 6 dB 以上の利得をもつ増幅回路を有する。表 2 に実験回路とさらに改良を加えた混合増幅器の実測データをあげた。

5. CdS による制御の考察

CdS モジュールを使用する方式は、以上のように機構、回路上とも簡単である。装置自体は小形であるから、どこにでも組込め、増幅器を小形にできる。遠隔制御はランプ電圧のみであるから複雑な機構を必要としない。

回路的には、この方式はトランジスタの動作点を変化させる要素がないから、諸特性への影響が少ないなどの特徴がある。特にカラー映像機器で問題となる微分位相、微分利得については、表 2 からわかるように、非常に良好な特性が得られる。また、これは周波数特性と同様に CdS 素子の抵抗値の変化でインピーダンスが変わるために変化する要素を含んでいるが、微分位相、微分利得の示す一般式のその項はきわめて小さく、この問題は前段および後段の回路に依存するほうが大きい。周波数特性については利得を減じたとき、すなわち CdS の抵抗値を

図 10 混合増幅器の CdS 部分

図 11 混合増幅器の特性

図 12 混合増幅器の温度特性

増加させたときに変化する。このことは(5)式から導かれるが、表 2 によっても認められる。したがって、CdS モジュールの容量分をできるだけ小さくすることがこの方式の要点であり、位相の問題についてもいえることである。

実験回路でも充分満足できる特性が得られているが、さらに改良を加えた混合増幅器の回路を図 10 に示した。この回路は 2 個の CdS 素子を直列に接続して、高域周波数の利得を減じた場合の特性を改善したものであり、また、CdS モジュールの出力側をベース接地の増幅回路で直結して、低域周波数特性の改善を行なったものである。表 2 に示すとおり、位相偏差と利得を減じたときの漏洩量が改善され、サグが良くなっている。混合増幅器のフェーダー位置に対する特性の変化を図 11 に、温度試験の結果を図 12 に示した。写真 3 は外観である (CdS: C 社)。

この方式による改良点と思われるものとして、次の 5 項目があげられる。

- (1) 周波数特性
- (2) 微分位相、微分利得
- (3) 利得制御時における絶対位相の変化
- (4) 温度特性
- (5) 遠隔制御

(a)

(b)

写真 3 CdS モジュール使用の混合増器

また、欠点および改良を要するものとして

(1) 応答時間

(2) CdS 素子の互換性の問題

などがある。応答時間はランプを使用する以上さけられないものであるが、ランプの種類と電圧を選択することなどにより対策は考えられる。CdS 素子の互換性の問題は、同一規格のものでも製品むらがあり、特に抵抗値の許容範囲が広いようである。そのための対策としては、レベル調整の回路を挿入したり、極間容量の異なる CdS 素子に対して浮遊容量を変えるなどの考慮が必要である(図 10 で、CdS モジュールの抵抗の中点に挿入した小容量のコンデンサ)。

CdS モジュールの寿命と経時変化については結論が出せないが、現在 1 年余り使用中であり、その結果を待たなければならない。ただ、現在まで故障、特性の変化は認められていない。

6. む す び

今般、実験と試作研究を行なった CdS による映像回路の遠隔利得制御の方式について述べたが、完全な方式としては、今後改善しなければならない点が多々ある。諸賢のご検討をお願い申しあげるしだいである。ただ、CdS 素子を使用した回路はあまりなく、新しい方式として従来のものよりは性能がよいものとする。なお、CdS モジュールの寿命、応答時間などについては究明し改善をしたいと思う。CdS 素子はこのような利用方法が考えられるから、映像周波数帯域でも使用できるものの開発を希望する。

最後に、この実験の機会を与えて下さった NET テレビ森本技師長、ご指導をいただいた森泉副部長、および松下通信工業河原工場長、落合課長と NET テレビ技師長室、松下通信工業放送技術課の諸兄に厚くお礼申し上げます。

(昭和 41 年 3 月 22 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) Raytheon Company: Raysistor Supersedes Product Data (1961)
- 2) D. Whateley: Raytheon Raysistors Applications, Technical Information Bulletin, Rev. 1 (1963)
- 3) Riker Ind.: Special Effects Generator Instruction Manual (1963)
- 4) 山下、市瀬: 光導電セル 5 PD 14 型, 松下電器産業配電器事業本部研究所, 資料 (昭 38. 3)
- 5) 川口: CdS による映像回路のリモートゲインコントロール, 第 1 回テレビ学会全大予, 5-5

今月の表紙

4 ヘッド VTR 用

ソニービデオテープ 500

ソニービデオテープ 500 は、放送用ビデオテープとして特に厳密な工程管理のもとで製造されているものです。わが国で最初に磁気テープを完成して以来の長年の経験と新しい技術による、品質むらの少ない、高信頼性を誇るビデオテープです。

- ・SN 比は特にすぐれています。
- ・ヘッドづまりがありません。
- ・帯電防止処理は完全です。
- ・ヘッドの摩耗が少なくなります。

ソニー株式会社
特機営業部

ドロップアウト検査成績表