

講 演

第20卷第8號 昭和9年8月

テレビジョンに就て

(昭和9年6月26日土木學會第64回講演會に於て)

工學博士 山 本 忠 興*

Television

By Tadaoki Yamamoto, Dr. Eng.

内 容 梗 概

本文はテレビジョンの原理と現状に就き略説したるものにして之れをラヂオ放送に比して、その難點を明かにし且つ現在に於ける目標を示し送受方法に關し代表的裝置に就て、説明を試みたものである。

1. 總 說

人智の進むに連れ人間の欲求は向上進展するものであります。就中周圍をなす自然界の束縛より自由を得んとする努力は人間をして或程度空間と時間の羈絆を脱する發明考案を成就せしめた。人智に直接關係の深い音聲と視覺の世界に於ける成果を對象して見る。

印刷術は人の言語をその音聲その者ではないがその意味を保存する途を開いた。これに對して寫眞は人物實景を人の視覺に映ずる儘に保存し且つ場所と時間を異にして實見せしむる途を開いたものであります。

次に音聲その者を肉聲の儘に記録保存再生する事は蓄音機の發明により成就され又實景その者を記録保存再生する事は活動寫眞の發明により可能となり、この兩者は孰れもエヂソンの發明に負ふて居る事は衆知の事である。最近はトーキーによりて實景と音聲が同時に記録される事となりました。

場所を異にして居るものが肉聲を以て談話を交換する事は電話の發明により可能となり。これに相應するものは電視と稱すべきで相互テレビジョン (two way television) とて双方から姿を送受するテレビジョン法に當ります。

ラヂオ放送は音聲を1箇所から電波に托して周圍に放送し受話裝置のある處何處でもこれを再生聴取し得るのであります。テレビジョン放送も同様に1箇所から實景を電波に托して受映裝置のある處でこれを再現實観するのであります。

電話の無線化は歐洲戰爭前後に廣く實用に供し得る程度に發達しましたが、軍用に大量製産した無線電話設備が不用に歸した際に米國に於てこれをラヂオ放送に轉用したので急に實用化され1年も經ぬ間に我邦でもこれに遅れずにラヂオ放送事業が始められたのであります。無線電話としては一般民衆用として非常に遅れて實用化され、歐大陸と米大陸の間に大西洋を連絡する部分だけを無線電波に托し、兩大陸の陸上電話相互間に自己の大陸上と同じ調子に電話が開始されましたが、これがこの頃我邦で開始された國際無線電話事業で臺灣、滿洲は勿論遠く爪哇に出張の代表と外務省との通話の如き實例を見るに至つた譯であります。

* 早稻田大學教授

電送寫眞が彼の御大典の頃から我邦でも實用し始められたのでありますが、これは今の處有線電送の方法を採つて居りまして無線電送が略成功せんとする處であります。この電送寫眞を活動寫眞化したものがテレビジョンでありまして活動變化して居る實景をその時その儘で遠方でスクリーンの上に再現するのであります。勿論音聲を同時に傳へるので電送寫眞のトーキー化と云ふのが適切かとも思ひます。

餘談ではありますがテレビジョンの日本語であります、その可能が想像された時の事で電話の發明と相前後して問題となりまして我邦でも譯語が必要となつた。適當な語がないので時の 逡信大臣吉川顯正伯が電視と譯せられた。今ではこの言葉は相互送受式に附するのが適當である。術語としては單に「テレビジョン」と稱する事に頃日確定しました。

2. 理 論

テレビジョンは電送寫眞の活動寫眞化されたもので實景その儘を別に寫眞には撮らずに光學的並に電氣的手段によつて四方に放送し、これをラヂオと同様に受電スクリーン上に再現するので、1枚毎の寫眞の精密度はこれを走査分解する區割の數に關係し、又活動寫眞と同様にスクリーン上の映像のチラツキを無くする爲には毎秒送映する寫眞の交替數を考へる必要がある。

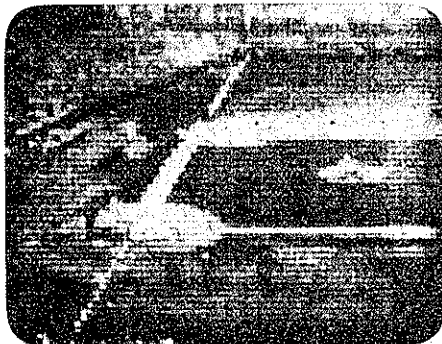
(1) 映像の交替數 活動寫眞に於ては毎秒 16 枚乃至 24 枚のフィルム上の寫眞が連続的に映出される。その 1 枚は 2 度又は 3 度切られると交互に映出される像は 2 倍又は 3 倍さるゝ譯である。研究によれば人間の眼の神經は $1/250\,000$ 秒間受けた刺戟を $1/10$ 秒間殘像として記憶する。従て薄暗い像の場合であれば毎秒 12.5 枚の割合の交替數でテレビジョン映像はドウにか見られる程度の刻々變化する光景を映出する事が出来る。50 ÷ 3 即ち 16, $2/3$ の割合で先づチラツキを感ぜぬ。毎秒 25 が適當とされこれが標準となる模様である。

(2) 走査線數 映像を細分して等面積の繪素に分ちたりとせばその繪素數の大なる程精密な映像が得らるゝ譯である。この繪素數は正方形の場合ならば走査線數即ち寫眞を區割する線數の自乗に比例する。

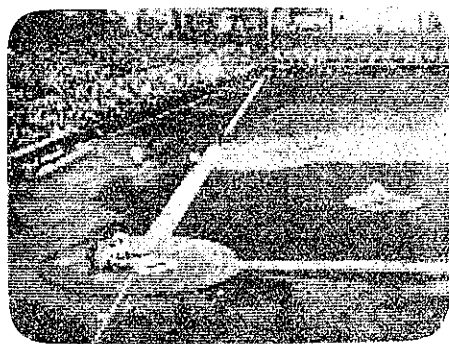
電送寫眞の場合には必要な精密度に従ひ 1 枚の寫眞に數分の時間を費す事が出来る。毎線の幅を 30 本とか 50 本とか云ふ區割數に細分する事が出来るので充分精密にする事が出来る。然るにテレビジョンの場合には毎秒 25 枚と云ふ多數の寫眞を連続映出する事が必要である爲各 1 枚の寫眞を 30 本乃至 180 本の割合に走査するのが漸く可能である。

電送寫眞の場合と異り死せる寫眞に比べて活動せる寫眞は移動の爲に殘像の記憶が働き疎漫なる映像でも割合

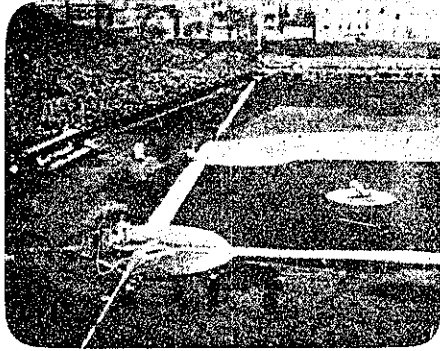
第 1 圖



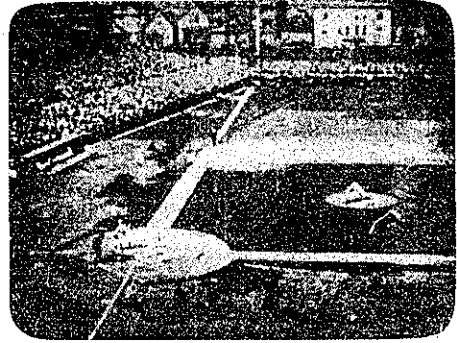
60 scanning lines
(a)



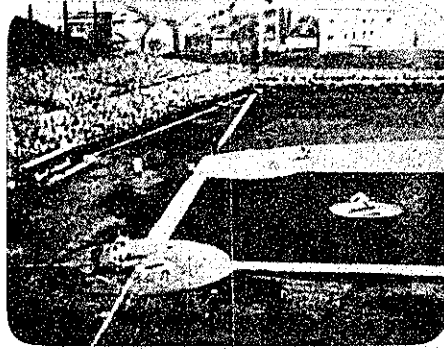
120 scanning lines
(b)



180 scanning lines
(c)



240 scanning lines
(d)



enlargement
(e)

に實感を與へる事が出来る。他の條件が具備されるれば 1 枚を僅か 30 線に走査しても 1 人の人物が、半身位は忠實に映出される。電波送達上から 30 線毎秒 12.5 枚であれば現今ラジオで音聲を放送して居る場合の電波帯に無造作に加入せしむる事が出来るので英國ベアード氏はこの數を以て數年間放送を試みて居る。

第 1 圖 (e) は野球の實景をフィルムに寫したものを擴大したもの。(a) は走査線數 60 の場合、(b) 同じく 120 本の場合で (c) は 180 本、(d) は 240 本の場合である。

先づ 180 本であれば實用的であると思はれる。

(3) 明るさ 映像の明るさは活動寫眞の場合 10 ルクス位から 20 ルクス位が普通で最近 50 ルクスに達しトーキー映畫では更に明るい方へ進んで居る。

テレビジョンの場合では 5 ルクス位で相當明るく感ずるが、明るさを充分大にする事は相當難事である。

この故に走査線數 180、交替數毎秒 25 枚、明るさ 20 ルクスが今日のテレビジョンの目標である。

(4) 像の分解——走査 (scanning) 音聲は時間的には直線的に強弱の變化がある。故に電流の時間的變化として電波に托し送達する事が出来又これを受信再現する事が容易である。寫眞は明暗の平面的分布であるからこれを電流の時間的變化として送達する爲には、先づこれをその一端から順次に或幅の區割ぐゝに分解走査してその途上に當る明暗の變化を電流の強弱の變化に化して送電し、これを受電して光の強弱の變化に復生し更にこれを原順序に綜合排列する時はスクリーン上に原畫を再現せしむる事が出来る。

この走査分解と綜合排列には同じ装置が逆用される場合が多く、この爲の装置が多數考案されて居るがその内

標準的のものを擧げて説明を試みる。

(5) ニポウ圓板 (nipkow disc) ニポウ氏の發明した圓板にはスパイラル形に等角距離に孔を設けて、この孔が順次に像の一端から他端の上を通過しこの孔を通ずる光線が明暗の差を生じながら平面に分布された明暗の差を直線的の明暗の變化に分解序列する。この明暗の變化は光電管に導かれて電流の時間的變化に化せられ數段に互つて増幅されて電波に托送される。

第 2 圖 (甲) はこの圓板を示し實景は圓板の上部幅 (a), 高 (b) の部に像を結ばしめる。圓板が反時計式に回轉するものとするれば (1) の孔は最上部を (2) の孔はその次を以下 (3), (4) と順次像を走査して 1 回轉すれば像の全部を走査し終る。この經過は同圖 (乙) に於て例示され、第 (1) の孔は終り第 (2) の孔が像の中央を通過しつゝある場合である。従つて

毎秒の回轉數 = 毎秒の映像の交替數

圓盤の孔の數 = 走査線數

を示す。

この圓板は受影側に於て受像を綜合配列するにも用ひられ、この孔を通じて到着電流の強弱に應じて明滅する電灯の光を見るとソコに受像が現はれる。

この圓板は種々の變形があり夫々利害得失があるがその原理は同じである。電送寫眞に於てもテレビジョンに於ても最も簡單なる方法として廣く採用されて居る。

(6) 送像より受像への工程

送像側に於ては

(イ) 像を結ぶ装置：寫眞と略同様にレンズと暗箱により走査面に像を結ばしめる

(ロ) 走査分解装置：ニポウ圓板の如き原理にて平面に於ける明暗の分布を明暗の時間的變化に化し且これを毎秒拾數回以上反覆する

(ハ) 光を電流に變成する装置：今日の處光電管 (フォトセル) により光の變化を電流の變化に換へる

(ニ) 増幅装置：光電管で發生し得る電流は 100 萬分の 1 (10^{-6}) アムペアで算する程度であるから、これを數段増幅して抵抗の兩端での電位差が 1 ヴォルト單位となる程度に擴大する。これにはラジオ用の真空管が役立つ

(ホ) 電波放送：電流の時間的變化に換へられた以上はラジオと同様に放送される事が出来る。只可變電波の範圍が廣いので短波長乃至超短波長の電波を使用する必要がある。

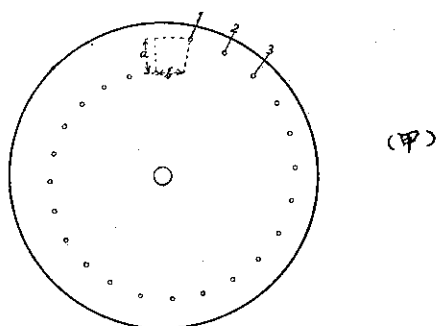
受像側に於ては

(イ) 檢波装置：ラジオの場合と同じく受電檢波の必要がある

(ロ) 増幅装置：到着する電流は極めて微電流であるから茲にも増幅擴大が必要である

(ハ) 電流を光に變ずる装置：増幅された電流を光の變化に變成する事が必要でこれには加電壓の變化に適應して變化する事が重要である。ケルセルの如き惰性のなき光電装置や放電燈 (ネオン灯, 水銀灯) やブラウン管等が使用される。

第 2 圖 ニポウ圓板



(ニ) 総合走査装置：光の明暗としての變化を送像側と同じ順序に綜合する爲に走査装置が必要でこの型式が主としてテレビジョンの諸方式を決定する要素である。

(ホ) スクリーン：又はブラウン管の場合にはその底部の平面部に蛍光板を設けて發光せしめる。

(ヘ) 同期装置：送像と受像を食違ひなき様に同調する事は極めて大切である。

3. 送像諸式

前述の如く送像側に於ては先づ實景を結像せしめ、これを走査分解時間的變化に化する必要がある、これを變形した型式もありその主なるものを列擧すると大凡次の如くに分類する事が出来る。

(1) **モザイク式** 受像側と送像側との相應する部分を電氣的に接續して明暗に應じて受像側の光を明暗ならしむる方法で直截な方法ではあるが送受兩者を連結する電路の数が繪素に分解する数だけ必要な爲に實用的でない。

(2) **直例式** ニボウ板による走査の場合に説明した如く平面を成す像をその一端から他端まで區劃して走査する方法で送像用電路は1本である。電波も1波長を使用する。この方法にも2別が有り。

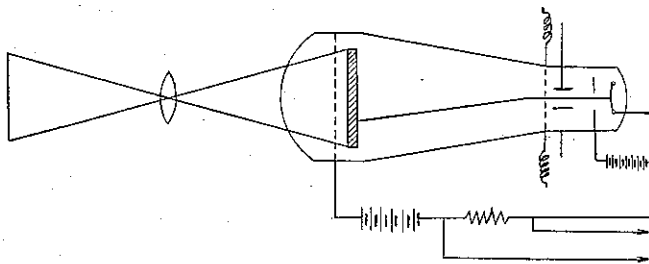
(イ) 直接走査：即ち自然光線又は人工照明のもとに行はるゝ實景を走査して光電管に感ぜしむる方法で、屋外の實景等はこの方法に依る外ない。

(ロ) 間接走査：これは發明者の名に従ひエクストローム式とも稱せられ暗室内で光點を現物上に投じこれを以て走査する方法で、この光點に照らされて反射する光線を光電管に感ぜしめる。暗室内の作業なる故稍々不愉快である。屋外の實景には應用出来ぬ。

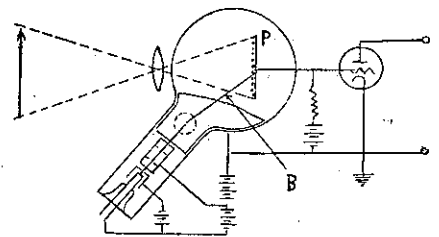
(ハ) 直並列式(又多電路式)：像全體を1電路に直列にする場合は走査線数を大にする爲に充分の明るさを得るに困難である。像を2枚又は數枚に分ちてその各部を別々の送受系統で取扱い、これを並列にしてスクリーンに投影する方法で大型スクリーンを使用すべき場合に便利である。

(ニ) 陰極管式：1911年の昔キャメル・スウキントン氏が試みた方法で送受兩側共にブラウン管を使用したもので機械的部分を廢するを理想として居る。その後獨逸のアルデンヌ氏により改良されて一型式をなして居る。

第3圖 ブラウン管送像



第4圖 アイコンoscope



(ホ) ズオリーキン氏のアイコンoscope (積算走査式) 第3圖及び第4圖に特に示した如く陰極管と光電管を一つの真空管に造り付けたもので管内のPはその上に像が結ばれ多數のモザイクな蓄電器を形式せる光電器片でその上に蓄へられて居る電子をブラウン管式走査の原理でP上を走査する(B)なる陰極線で外回路に放電せしめる。明暗により分離される光電子の多少が積算的に大となり有効に働く。

4. 受像諸式

受像の方式も多々ある。この方は走査方式と電流を光に變成する方式とで區別される。先づ電流を光に變成す

る方法としては惰性の少い電燈か又は他の方法を使用する必要がある。

(1) 光電變成装置

(イ) 放電燈式：ネオン管やその他の放電燈は加へられた電壓に應じて光力が變調さるゝのでテレビジョン用に供せらるゝ。ネオン瓦斯の外にヘリウム、アルゴン、水銀蒸氣、ソヂウム蒸氣等が管内に加へられ夫々特有の色を有する光を發する。ニボウ盤の後部に裝置すれば光力の變化が綜合された像の明暗を生じて受像となる。

(ロ) ブラウン管式：高電壓の作用で真空管の陰極から放射さるゝ電子束を縦軸と横軸の方向に偏倚せしめ且つその一畫像を完成する交替數を制御すれば管の一部に設けられた螢光板上に受像を映出する。

(ハ) ケルセル式：これは強力なるアーク燈の如き光がその内を通過する度合を到着電流の大小に比例して變調する裝置で惰性殆んど無く理想的の特性を有して居る。方向が互に直交する 2 つのニール式プリズムの間にケルセルを置き弧光燈の光を通過せしめケルセルの電極間に増幅された到着電壓を加へて通過する光を増減せしむる事が出来る。従てケル式光變と稱すべきである。

(2) 走査綜合方式

(イ) ニボウ圓板式：既述の通りである。

(ロ) ワイラー鏡車式：ニボウ板の孔の數に相當する數の平面鏡を圓周に取付けたる多角形の鏡車であるがその鏡を順次に少しく傾けてスクリーンに投影さるゝ光點の畫く線を次第にずらして送像側と同じ受像に綜合する。第 4 圖はこれをケルセル式と組合せた方式の略圖で米國はアレキサンダーソン氏、獨逸ではカルロス氏、日本では早稻田大學にて採用した型式である。

(ハ) ローゼンゲ直交鏡車式：ワイラー鏡車は 1 車を用ひて光點の推移を支配する爲、走査線數が多くなると鏡面が小さくなり充分の照度を得難い。光點を縦に動かすのとこれを横に動かす爲に横軸と縦軸の鏡車を用ふる時は正多角形の鏡車を用ひ鏡の面積を大にする事が出来る。早稻田大學ではこの式をも試みて居る。

(ニ) 螺旋鏡車式：小平面鏡板を順次に螺旋狀に配列したもので、オコリクサンイー氏の發明に係り獨逸ではテー・カー・デー會社その他で試用して居る。

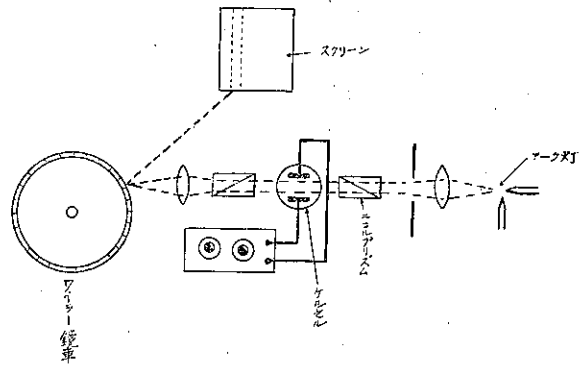
(ホ) ミハリー氏鏡車式：ワイラーの鏡車の各平面鏡を固定して小平面鏡をその軸で回轉して走査する方法である。回轉部の小で濟む特徴がある。

5. 同期装置

送影側と受影側とは分解と綜合が同期的に行はれない場合には受影が歪み變形され又像が動揺する。これに爲には

(イ) 同期電動機式：電力系統が同じ配電系に屬する場合には同期電動機を使用する事が尤も簡單である。只回路の負荷の變動に影響されて電動機の亂調による受像の動揺が生じ易いので特別の方法を講ずべきである。

第 5 圖



(ロ) フォニック電動機式：装置を略ぼ同期速度に回轉する原動力の電動機の外に送影側からの送電の高周波電流により 1 回轉中に屢々同期位置を確むる様多數の極を以て同期化する事が出来る。この高周波電流はテレビジョン用電流と同時に電波に乗せて送って取出す事が出来、受像 1 枚交替する毎に 1 度同期電流を加へる風の周波数とするも一法である。

(ハ) 特別同期用電波放送：テレビジョンのみならず電送寫眞や電氣時計等の同期化の爲に特別に一定波長の同期用電波を放送する時はテレビジョンの送受側の同期化は勿論の事、總て天文臺の發する正確な時間に基づき同期化し得る便利がある。これは早晚實現さるゝ様に思はれる。その隣には日本、朝鮮、滿洲は勿論或は東洋の主なる部分を一電波で同期化する事も必しも不可能ではない。

6. 現 状 と 難 點

テレビジョンが何時實用的となるかは屢々聞かるゝ問題であるが、米國や英國や獨逸では半ば試験放送の形で實用的な放送を試みて居るが、英國のベアード氏の放送は茲數年間商用とも云ふてもよい放送を續けて居るが未だ一般大衆の興味を呼ぶに足らぬ。

ラジオにより音聲だけで相當な感興を呼ぶ事が出来これに不充分なテレビジョンを加へても仍て得る所が幾何か疑問である。次に活動寫眞がトーキー時代まで進捗した今日これと比肩し得るテレビジョンは困難である。毎日のニュースを夕方に放送しこれに講演及び演奏等を加へるとしたらば都會の如き娛樂機關の充實した處よりも地方の町村で受像して農村や又活動寫眞館の無い地方には娛樂を供給する事となる。これには相當の大きさと明るさのテレビジョンが必要で、これを實現するに難點として解決すべき點は次の數點がある。

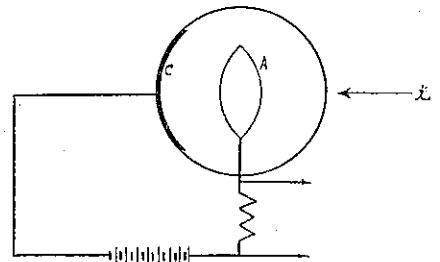
(1) 光電管の感度 光電管の發生し得る電流は極めて少量で光量ルーメンに對して 100 萬分の 15 とか云ふ程度である。而かも 7 色の内の一部の色に感ずるのみである。従て鳥眼で色盲の視力を基本として居る譯である。

光電管の感度の優つたものが出来れば晝間屋外の光景や夜間屋内の演奏は勿論芝居までも放送し得る見込があるので第一に待望される。

光電管は第 6 圖の如く (C) なる眞空管内に (K, H) 又はセウームの如きものを鍍金し、これを陰極に接続し置く時に光線がこの陰極に當れば、その面から光電子が分離されて陽極 (A) に引き付けられこの電子数の割合に電流が流れる。

第 6 圖 光 電 管

(2) 増幅器の問題 10^{-6} で測る電流を 1.0 で算ずる程度に而も周波数は 15 とか云ふ邊から 10^6 邊まで同率に増幅する事は相當困難である。又この増幅用の眞空管は固有の雜音を生ずる性質があり且機械的震動その他に敏感である。精密度を増す爲に走査線数を増せば周波数の範圍はその自乗に比例して擴大する。不可能ではないが簡單でない問題である。



(3) 周波數帯の問題 テレビジョンの精密度の高い例へば走査線

數 180, 交替數毎秒 25 と云ふ邊は目下の目標で數米の超低波で放送さるべきかと思はれる。これを短波長の邊にするとテレビジョンの要求する波長帯が廣く他の用途を制限する。超低波の取扱は相當面倒でこれも考慮を要する問題である。

(4) 明るさと大きさの問題 家庭で數人が見る程度の大きであればブラウン管式で先づ實現さるゝであらう。現に獨逸では試験放送を盛んに行つて居り大體成功して居る。これを 100 人又は數 100 人の會衆に觀覽せしむる

爲には大きさと明るさに困難を生ずる。受像側でスクリーンに投影さるゝ光點は全面の一部を照らし、これが全面を走りてその平均の照度を利用し得るのみである。故に走査線數の自乗以上に比例して明るさを減じ光學的部分を困難ならしめる。

(5) 中間フィルム式の出現 最近獨逸では送像側でも受像側でも一度フィルムに定着してこれを送影し、又受影側でも一度フィルムに撮影してこれを投射する、即ち中間にフィルムを使用して明るさの不足等を補はんとするものである。これが爲に各 20 秒位の時間の遅れを生ずるのみである。且つフィルムはエンドレスに洗滌され定着放送を繰返すとの事である。

これは活動寫眞の方に降參した形でテレビジョンの効果を幾分殺ぐものであるが、又中間的存在として肯定も出来ない譯でもない。

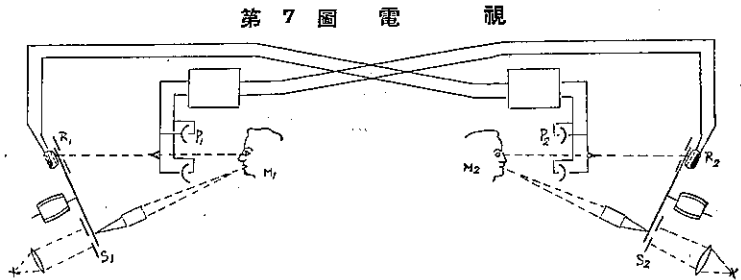
7. テレビジョンの應用

テレビジョンの目標としてはラヂオの如く實景を放送するにある。實景がその時隨所でトーキーの如くに目撃さるゝ譯であるが、その他に期待し得る應用が多々ある。

(1) 電話に加ふる電視 相互に交換さるゝテレビジョンこそは電視と稱すべきで電話機で肉聲で談を交はずと同時に双方の姿が現はれて、相視る事が出来る事は或程度想像され又實現を希望されて居る。有線電話線を相當の程度補償して相手の顔を現出する

に適當な程度とする事は費用の問題で不可能ではない。その接續等は第 7 圖に示す通りで行はれる。

第 7 圖に於て (S_1) に依りこの人物 (M_1) が走査され、その顔に投ぜられた光點が光電管 (R_1) に反



射され電流に化せられて送達される。第 2 の人物 (M_2) は (R_2) によりて受像として (M_1) の顔を見る事が出来る。

第 2 の人物 (M_2) は (S_2) に依り (P_2) 光電管を経て第 1 の人物 (M_1) の眼前に (R_1) の後部受像を結ぶ。

斯くして (M_1) と (M_2) は互に顔を見ながら相語る事が出来る。即ち電視と電話の結合された事になる。

(2) 赤外線テレビジョン 光電管は赤外線にも感ずるが故眼には視へぬ暗黒の世界の實景を赤外線テレビジョンにより光線の世界に再生してスクリーン上で目撃する事も可能である。又或程度の霧を通じて見る事も想像される。

その他 X 線で透視した處や望遠鏡や顯微鏡で視る世界を普通の視界に持ち來す事も考へ得らるゝ。又立體テレビジョン。天然色テレビジョンも期待される。

8. 吾邦のテレビジョン研究

吾邦でのテレビジョンの研究は濱松高工の高柳君が先鞭を付けたもので、ブラウン管を受影に用ふるのを特徴として居る。走査線 160 本毎秒 20 枚の裝置を完成し相當の成績を収めて居る。

遞信省電氣試験所の曾根君も多年研究に従事され水銀燈を受像用に供し、諸部に考案を施して良好なる結果を得て居る。前條に電視として電話に附加すべき裝置の事を記したが同君はこの方向に研究を進める希望がある様である。

その他日本放送協會でも螺旋鏡車式その他を試製して居る。

早稲田大學では最初走査線 60, 毎秒 16 $\frac{1}{2}$ の交替数の装置を用ひケルセル式を採用し、これを中心に研究し來つた、去る昭和 5 年 3 月東京朝日新聞講堂で 1000 餘名の觀衆の前に公開試演を成したのはその大さその他で記録的であつた。又その試みで急激の進歩を遂げた。爾來この装置を中心にして必要な研究を積み來つた。頃日は重要な諸點を研究して要點を把握した處である。

1 人の人物であれば前記の装置で大體放送する事が出来る。最近走査線を 128 本に増した装置で實驗中で又活動フィルム of 放送の實驗中である。

現在の處では前の講演者(岸田博士)がお示しになつた幻燈程度の大きさと明るさ程度に受像し得るものとお考へ戴けば適當で、今後研究を重ねて活動寫眞の跡を追ふ譯である。(完)

久保田會長の挨拶

一寸御禮を申し上げます。今日は山本博士が非常に御苦心になつて御研究になりましたテレビジョンに就て詳しくお話を承りまして誠に有難うございました。殊に山本博士は明日あたりから滿洲にお出掛けのやうでありまして、非常にお急がしい所をわざわざお出下さいまして誠に有難う存じました。