

### 自動車のクラッチ接続に関する研究

武田, 晋一郎 / TAKEDA, Shin' ichiro / 鈴木, 広志 / 大谷,  
七良 / OYA, Shichiro / SUZUKI, Hiroshi

---

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of the Faculty of Engineering, Hosei University / 法政大学工学部  
研究集報

(巻 / Volume)

3

(開始ページ / Start Page)

58

(終了ページ / End Page)

84

(発行年 / Year)

1966-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004268>

## 自動車のクラッチ接続に関する研究

教授 武田 晋一郎 (基礎学科)  
鈴木 広志  
大谷 七良

### Researches on the Behaviors of Clutch-Connection of the Automobiles

Shin'ichiro Takeda, *Professor of Physics*  
Hiroshi Suzuki  
Shichirō Ōya

自動車運転技術の巧拙の判定の科学的な方法の一つとして、運転走行の際の諸量（車速、エンジン回転数、加速度、方向角など）の自記記録のグラフからする客観的方法が考えられる。法政大学工学部物理実験室においては、自動車の安全走行に関する研究の外に、これに関する技術の開発に関する研究を昭和 37 年頃より開始し、まず最初の問題としてクラッチ接続に関する運転操作の巧拙判定技術を取り上げて研究を進めて来た。

まず、クラッチ接続の力学的考察を徹底して、理想的なクラッチ接続操作の意味を詳細に分析したのち、クラッチ差速計を考案試作して数回の試作実験を行ってほぼ満足すべき装置を得ることができた。そして、この差速計とクラッチ・ペダル、アクセル・ペダルなどとの連動動作を一目で見得る自記装置を完成し、それを試作して得た結果について考察と解析を加えて有効な結果を得た。今回は、それを

- |                        |      |
|------------------------|------|
| (1) クラッチ接続の力学的考察       | (武田) |
| (2) クラッチ差速計の試作         | (大谷) |
| (3) クラッチ差速計の試用とその結果の解析 | (鈴木) |

の 3 部に分けて報告する。

この研究には当初より機械工学科小井土教授、飯沼教授の御協力を得た。また物理実験室の秋山、金井両君には装置の製作、運用、実験の協力を受けた。併せて感謝の意を表わすものである。

# I. 自動車のクラッチ接続の力学的考察

武 田 晋 一 郎

## 1. 緒 言

自動車の前後方向(進行方向)の加速度(以下ショック shock と総称する)はその原因によってつぎの3種に分けられる。

- |               |              |
|---------------|--------------|
| (1) アクセル・ショック | accel-shock  |
| (2) ブレーキ・ショック | brake-shock  |
| (3) クラッチ・ショック | clutch-shock |

アクセル・ショックはアクセル・ペダルの踏み方離し方に関連して車体(乗員の身体)に感ずるショックであって, エンジンの加減速性能と減速ギヤ比とに關係する。余り鋭くはなく持続的(加速中)であるが, 乗り心地としては不快感を与えることがある。ブレーキ・ショックはブレーキ・ペダルの踏み方と車速とによって変化する。その鋭さ, 持続性などによって乗員に著しい不快感を与えることがある。クラッチ・ショックはクラッチ・ペダルの踏み離しと減速比とに関連して複雑に変化する。この現象の究明がクラッチ差速計の研究の主題であるが, クラッチを介しての車体とエンジンとの衝突現象と了解することができる。

自動車運転技術の巧拙の判定の科学的方法の一つとして, 若干の運転走行の際の物理量(車速, エンジン回転数, 加速度, 方向角およびその変化速度など)の自記記録(グラフ)より判定する客観的方法(教官の主観によらないもの)が考えられるが, 法政大学工学部物理実験室においては, 自動車の安全走行に関する研究の外に, この技術の開発に関する研究を昭和37年頃より開始し, 別報の如きクラッチ差速計の製作などを進めて来た。最近その成果が一応の目的を達成しうることとなったので, これらをここに報告する次第である。

本報告はその第1部としてクラッチ接続の力学的考察を述べたものであり, 別報2報告の前段をなすものである。

## 2. クラッチ接続の力学

流体変速機を用いない場合, 普通の自動車のエンジンはクラッチを介して推進軸(ギヤ箱)に連結されて車体の前進の役目を果すようになっている。アクセル・ペダルの動きによってエンジンの回転数とトルクとは広い範囲に涉って変更できるが, 主として車速の低いときに最大の出力を得るため推進軸に変速ギヤがあり, これを切換えるときクラッチを断続することが必要である。このとき, エンジンの回転数とギヤ比を考慮した車速とがある一定の關係を満足しておれ

ば、クラッチを急速に接続しても車体には何等のショックもない筈であるが、この両者の速さに相違があれば、いわゆるクラッチ・ショックが発生する。このクラッチ・ショックはエンジンと車体とのクラッチを介しての一つの衝突現象と力学上は了解できるものである。この観点から以下にこの問題を研究する。

### (1) 車体慣性重量 $W$ とエンジン慣性重量との比

クラッチにおける固体摩擦力を衝突撃力 (impulse) としてのエンジン慣性質量と車体慣性質量との衝突現象においては、減速歯車比の変更による両慣性質量比の変化を考慮しなければならない。クラッチはエンジン主軸に直結してあり、車体 (プロペラ軸) とは変速歯車列を経て連結されるので、クラッチ部分におけるエンジンの慣性モーメントは変りはないが、車体の相当慣性モーメントは変速ギヤ比によって著しく変化する。その割合は力学の法則から変速比  $n$  の 2 乗の割合であることが知れている。

すなわち、

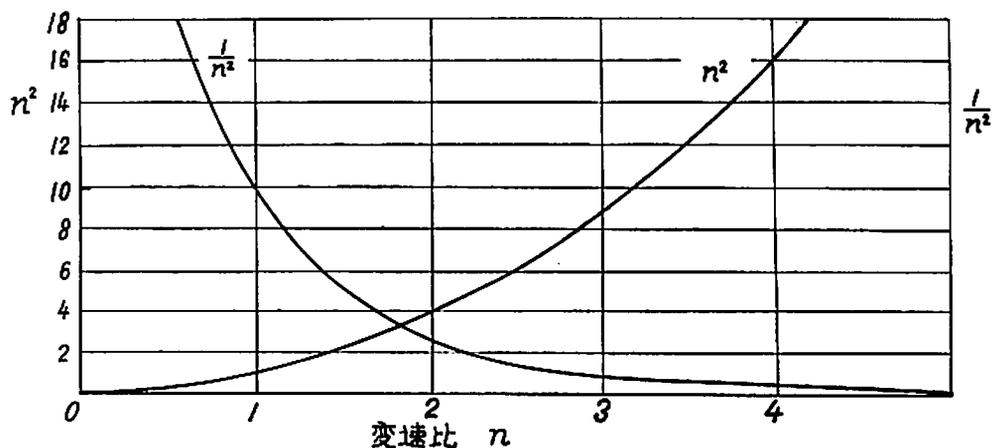
$$J_{\text{engine}} = \text{不変}$$

$$J_{\text{body, effective}} = \frac{1}{n^2} J_{\text{body}} \quad (1)$$

となり、変速比の大きい第 1 速ギヤなどでは車体の等価慣性は著しく小さくなっており、クラッチ接続の際両者の速度がよく一致してないときはその接続ショックは等価慣性の小さい車体に大きな前後加速度 (ショック) を与えるのである。例えば、実験用自動車セドリック (1500) については

| 変速ギヤ  | $n$   | $n^2$  | $\frac{1}{n^2}$ |
|-------|-------|--------|-----------------|
| 第 1 速 | 3.945 | 15.563 | 0.0643          |
| 第 2 速 | 2.402 | 5.770  | 0.1733          |
| 第 3 速 | 1.490 | 2.220  | 0.4505          |
| 第 4 速 | 1.000 | 1.000  | 1.0000          |

の通りである。



第 1 図 変速比  $n$  と等価慣性比 ( $n^2$  または  $\frac{1}{n^2}$ ) との関係

この関係を逆に, 車体の慣性質量を中心にして考えると  $n$  によってエンジンの等価慣性質量は  $n^2$  の割合によって大きくなり, 第 1 速 (ローギヤ) では車体よりもエンジンの方が遥かに大きくなる. いま,

$$W_b = \text{車体質量}, W_e = \text{エンジン質量}, W_0 = \text{車体+エンジン}$$

とおき, ギヤ比  $n$  による  $W_0$  の変化を

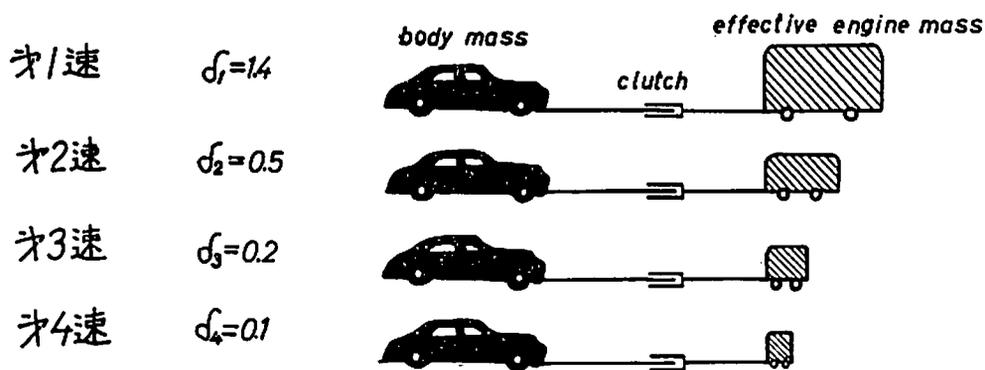
$$W_0 = W_b(1+\delta) \quad W_e = \delta W \tag{2}$$

とすれば, 車種による大体の値は次の表のようになる.

| 車 種     | $\delta$ の 値 |                 |                 |       |
|---------|--------------|-----------------|-----------------|-------|
|         | 第 1 速        | 第 2 速           | 第 3 速           | 第 4 速 |
| 大 型     |              | 1 <sup>st</sup> | 2 <sup>nd</sup> | Top   |
| 小 型     | 1.40         | 0.50            | 0.20            | 0.11  |
| ト ラ ッ ク | 1.50         | 0.60            | 0.20            | 0.09  |

これによれば, 小型乗用車では  $\delta$  が一番大きくて, 特に第 1 速において甚だしく車体の 1.5 倍くらいの大きさになっている. 車体の  $W$  を一定にとり, エンジンの等価質量  $M_e = \delta W$  を模型略図で示せば, 次の第 2 図のようになる.

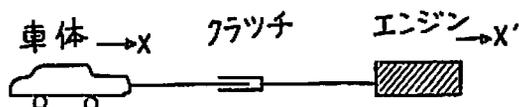
トップでは  $\delta = 0.1$  ぐらいで, したがって一般にクラッチ・ショックがトップギヤに変えるとき小さいことの経験的事実を証するものである. ローでクラッチ・ショックが一般に著しく感ぜられるのも同様に説明される.



第 2 図 小型乗用車の車体慣性とエンジン慣性

## (2) クラッチ・ショックの力学

クラッチ・ショックを自動車の車体とエンジンの等価慣性質量とのクラッチを介しての衝突現象として解析するのが, クラッチ・ショックの力学である. 加速度 (前進方向の車体として感ずるもの) が主題となるので, 前進方向の直線座標で考察する. 次のように記号を定める.



|       |     |                 |  |
|-------|-----|-----------------|--|
| 質 量   | $M$ | $M' = \delta M$ | $\delta_1 = \delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  |
| 変 位   | $X$ | $X'$            |  |
| 速 度   | $Y$ | $V'$            | $V_{\text{km/h}} = c_i \omega \text{ rpm of engine}$ |
| 衝 撃 力 |     | $F$             | $c_i = c_1, c_2, c_3, c_4$                           |

運動方程式はそれぞれに対して

$$M\ddot{X} = F \quad M'\ddot{X}' = -F \tag{3}$$

であって、クラッチ・ショックは車体の加速度であるから

$$\ddot{X} = \frac{F}{M} \tag{4}$$

衝突が完了し、すなわちクラッチの接続が終れば、一体となって運動するので

$$V_0 \rightarrow V_1 \quad V_0 \rightarrow V_1'$$

運動量保存の法則によって

$$MV_0 + M'V_0' = (M + M')V_1 \tag{5}$$

クラッチ力はペダルの変位に主として関係するが、撃力  $F\Delta t$  (impulse) は運動量変化に関係し、車速とエンジン速度とが等しいときは0である。インパルスは

$$M(V_1 - V_0) = M \left\{ \frac{MV_0 + M'V_0'}{M + M'} - V_0 \right\} = \frac{MM'}{M + M'} (V_0' - V_0)$$

と表わされるが、 $M' = \delta M$  を代入すれば

$$\text{Impulse shock} = \frac{\delta M^2}{(1 + \delta)M} (V_0' - V_0) = \frac{\delta}{1 + \delta} \cdot M(V_0' - V) \tag{6}$$

となり、インパルス・ショックの大きさは  $\frac{\delta}{1 + \delta}$  に比例することになる。この値を前述の例について計算すれば、つぎの表のようになる。

インパルスショックの比例定数  $\frac{\delta}{1 + \delta}$

| 車 種     | $\delta/(1 + \delta)$ の値 |       |       |       |
|---------|--------------------------|-------|-------|-------|
|         | 第 1 速                    | 第 2 速 | 第 3 速 | 第 4 速 |
| 大 型     |                          | 0.23  | 0.12  | 0.08  |
| 小 型     | 0.58                     | 0.33  | 0.17  | 0.10  |
| ト ラ ッ ク | 0.60                     | 0.38  | 0.17  | 0.08  |

小型について第1速のときを1として各変速のときの比をとれば、

|     | 第1速  | 第2速  | 第3速  | 第4速  |
|-----|------|------|------|------|
| 小型車 | 1.00 | 0.57 | 0.29 | 0.17 |

となり、第1速（ロー）と第4速（トップ）との比は 0.17 と小さいものとなり、トップギヤ変速のときのショックは小さい（20%）ことが示されている。

（6）式の示す通り（また常識的にも分明のように） $V_0' = V_0$  のとき、すなわちエンジン軸と変速された推進軸とが同じ回転速度のとき、ショックは0である。 $V_0'$  は歯車比で変わり、またアクセル・ペダルを離せばエンジンの回転数が低下して来るので、丁度クラッチを接合する瞬間に車速とエンジン速度とが一致するには巧みな操作が必要である。これについては次項に詳述しよう。

撃力 ( $F\Delta t$ ) としてのショックは上の計算で示されたが、加速度  $\alpha$  はクラッチ力  $F$  に関する。 $F$  は一応はペダル位置によると考えられるが、 $F_{\max}$  があろう。 $F_{\max}$  は急にペダルを離れたときに作用するものである。いまこの一定の  $F_{\max}$  が作用するとして、衝突の完了するまでの時間を  $\Delta t$  とすれば

$$\Delta t = \frac{V_0' - V}{\frac{F_{\max}}{M} + \frac{F_{\max}}{M'}} = \frac{MM'(V_0' - V)}{F_{\max}(M + M')} \quad (7)$$

$\Delta t$  はクラッチの送り時間であって、 $M' = \delta M$  とおけば

$$\Delta t = \frac{\delta}{1 + \delta} \cdot \left| \frac{M(V_0' - V_1)}{F_{\max}} \right| \quad (8)$$

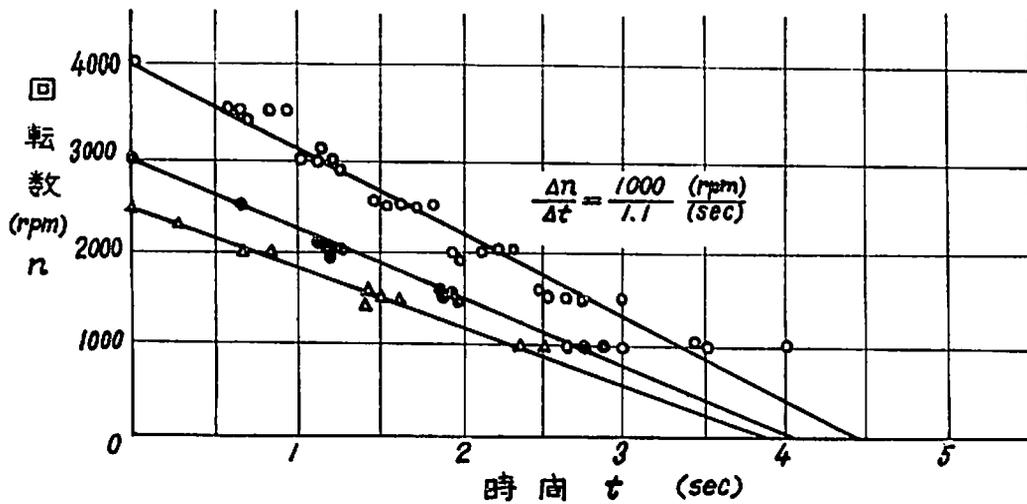
となる。歯車比で  $\Delta t$  はまた大きく変化し、低速ギヤの方が長く送るわけである。

### 3. クラッチ接続操作の力学的解析

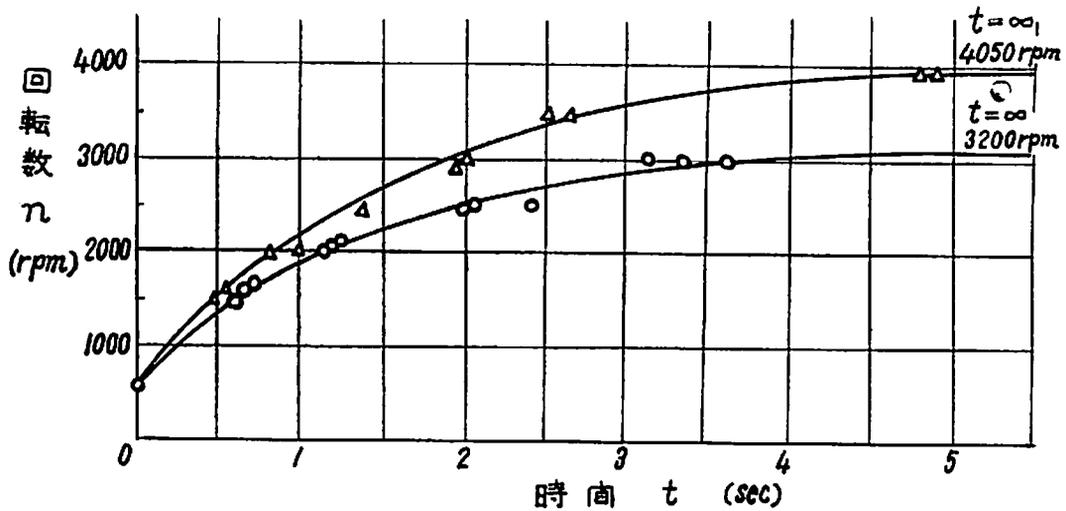
クラッチの送りが少くショックの小さい接続が行われるためには、エンジンの回転速度と変速ギヤで変速された車速に比例する推進軸の回転速度とが接合の瞬間に略一致している必要がある。ギヤの変更には、まずアクセル・ペダルを離すか引いてエンジンのトルクを小さくするが、このとき回転数が落ちて来る。また車速は平坦路では走行抵抗が一般には小さいので余り変化はないが、坂道とくに急坂路では可成りの変化がある。これらのことが接続の適正操作には関連が深いので、つぎに各個に調査する。

#### （1）セドリック・エンジンの回転特性

実験用自動車セドリックのエンジンの回転数の動特性ともいふべきもので、アクセルペダルの急動に伴う回転数の変化をソニーのドライブメータの回転計（1目盛 500 rpm）と秒時計とを用いて測定した。回転数下降特性と回転数上昇特性の二つであって、それぞれ第3図と第4図の通



第3図 エンジン回転数下降特性



第4図 エンジン回転数上昇特性

りである。これによれば、回転数下降特性ははじめの回転数によって多少の相違はあるが、ほぼ同じ割合で回転数が減少することがわかる。

すなわち、平均において

$$\text{回転数下降特性: } \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{1000}{1.3} \left( \frac{\text{rpm}}{\text{sec}} \right) \quad (9)$$

とみることができる。これに反し、回転数上昇特性はアクセルペダルの踏みこみ量によって相違があり、何れも 3000 rpm 以上に達するには可成りの時間 (2~3 sec) が必要であることがわかる。要約して、

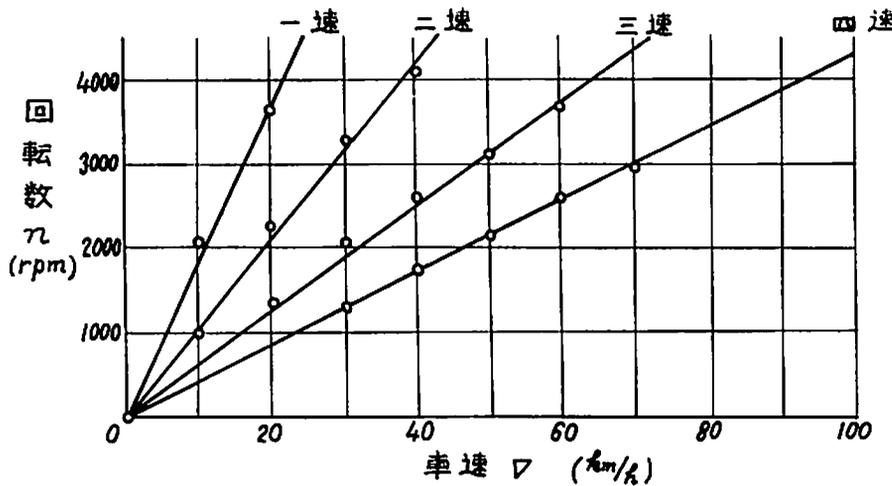
$$\begin{aligned} \text{回転数上昇特性: } & \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{1000}{0.72} \left( \frac{\text{rpm}}{\text{sec}} \right) \\ & n=1500 \text{ 付近} \\ & \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{1000}{1.0} \left( \frac{\text{rpm}}{\text{sec}} \right) \\ & n=2500 \text{ 付近} \end{aligned} \quad (10)$$

となる。低回転数のときの上昇は下降より早いことは注意しておく必要がある。

(2) エンジン回転数と車速との関係 (実測)

ソニードライブメータによるエンジン回転数指示と常備の速度計の指示によって車速  $V$  と各変速ギヤ比に対するエンジン回転数  $n$  との関係を第5図のように実測した。これから 1 km/h

| $\frac{\Delta n}{\Delta V} \left( \frac{\text{rpm}}{\text{km/h}} \right)$ | 第 1 速 | 第 2 速 | 第 3 速 | 第 4 速 |
|---|-------|-------|-------|-------|
|   | 190   | 110   | 67    | 44    |
| ratio   | 4.32  | 2.50  | 1.52  | 1.00  |



第5図 車速とエンジン回転数との関係 (実測)

の車速変化に対応する回転数変化  $\Delta n / \Delta V$  を求めると上の表のようになる。

(3) 適正クラッチ接続時間に対する考察

半クラッチ時間をできるだけ小さくするため、車速とエンジン回転数とが match する瞬間に急速にクラッチを接続するものとして、クラッチ切りより次のクラッチ入れまでの時間を適正クラッチ接続時間として、これを実験車の場合に求めてみる。それには、エンジンの回転数下降特性 (第3図) と車速とエンジン rpm との関係の第5図が利用される。

まず、仮りに変速時の車速をそれぞれ

$$10 \text{ km/h} \cdots 20 \text{ km/h} \cdots 40 \text{ km/h} \tag{11}$$

とすれば、第5図から次の車速と match するために必要なエンジン rpm の下降は

$$800 \text{ rpm} \cdots 760 \text{ rpm} \cdots 800 \text{ rpm}$$

となる。平坦路を走行するものとしてその間の車速の変化 (減少) は無理し得るものとするれば、matching に必要なものはエンジン rpm の下降量だけであるからこれを第3図の平均特性

$$\left( \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{1000 \text{ rpm}}{1.1 \text{ sec}} \right) \text{ で時間に変えると, それぞれ}$$

$$0.88 \text{ sec} \cdots 0.84 \text{ sec} \cdots 0.88 \text{ sec} \tag{12}$$

となり、1秒より少し小さい（可成り早い）時間で変速とクラッチ接続を完了すればよいことになる。すなわち、(12)の時間が適正クラッチ接続時間である。

次に、変速時の車速を(11)と少し変えて

$$10 \text{ km/h} \cdots 30 \text{ km/h} \cdots 50 \text{ km/h} \quad (13)$$

とすれば、エンジン rpm の変化量はそれぞれ

$$800 \text{ rpm} \cdots 1100 \text{ rpm} \cdots 1000 \text{ rpm} \quad (14)$$

となり、この場合の適正クラッチ接続時間は

$$0.88 \text{ sec} \cdots 1.21 \text{ sec} \cdots 1.10 \text{ sec} \quad (15)$$

となる。変速時の車速すなわちエンジン rpm が大きいほどクラッチ接続時間に余裕（少しであることに注意）が出て来ることが見られる。

変速の時機を車速を目標としないで、エンジン rpm を目標として、例えば

$$2000 \text{ rpm} \cdots 2500 \text{ rpm} \cdots 3000 \text{ rpm} \quad (16)$$

において行くとすれば、車速はそれぞれ

$$10 \text{ km/h} \cdots 24 \text{ km/h} \cdots 47 \text{ km/h}$$

で切替えることになるが、適正クラッチ接続時間はいずれも約1秒となり、齊一の結果を得ることは面白いのであるが、エンジンの回転計あるいはドライブメータを装備しなければならない。以上は水平路における結果である。

#### (4) 傾斜路における適正クラッチ接続時間

勾配のある道路では、重力成分による加速度のためクラッチ接続期間中の車速の増減が、急勾配のところでは著しいので、適正クラッチ接続時間にも可成りの影響が見られる。これは別報の箱根実験において明らかに観察されたことであるが、これについて次表のように簡単な解析を行なった。

| 道路勾配 ( $\sin \theta$ )  | 0  | 0.1  | 0.2   | 0.3   |   |
|---|----|------|-------|-------|---|
| 道路傾角  | 0° | 57°  | 11°5' | 17°2' | セドリック最大登坂角<br>0.364, 21°<br>g=10 m/s <sup>2</sup> |
| 重力加速度(成分)   | 0g | 0.1g | 0.2g  | 0.3g  |   |
| $\Delta t=1 \text{ sec}$ に対する車速<br>変化 $\Delta V \text{ km/h}$     | 0  | 3.6  | 7.2   | 10.8  |   |
| 上の $\Delta V$ に対応するエ<br>ンジン rpm の変化<br>$\Delta n \text{ (rpm)}$   | 0  | 720  | 1450  | 2150  | 第一速   |
|   | 0  | 396  | 800   | 1200  | 第二速   |
|   | 0  | 240  | 480   | 720   | 第三速   |
|   | 0  | 160  | 320   | 480   | 第四速   |
| 上の $\Delta n$ に対応する適<br>正クラッチ接続時間の<br>変化 $\Delta t \text{ (sec)}$ | 0  | 0.79 | 1.6   | 2.4   | 第一速   |
|   | 0  | 0.43 | 0.88  | 1.3   | 第二速   |
|   | 0  | 0.26 | 0.53  | 0.79  | 第三速   |
| ( $\Delta n/\Delta t=1000/1.1$ )を利<br>用                           | 0  | 0.17 | 0.35  | 0.52  | 第四速   |

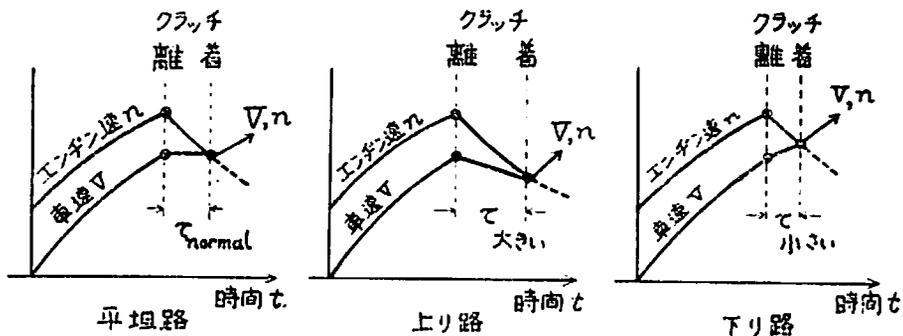
これを見れば, 予想以上の大きな変化が適正クラッチ接続時間の変化に見られる. 坂道の上下りの差は十で大変著しくなる. 発進加速中のエンジン回転数  $n$  と車速  $V$  のクラッチ接続期間中の変化の様子を平坦路, 上り路, 下り路についてモデル的に示せば, つぎの第6図の通りである.

これによれば, 上り路と下り路における加速時の適正クラッチ時間は一般に

上り路ではゆっくり 下り路は手早く

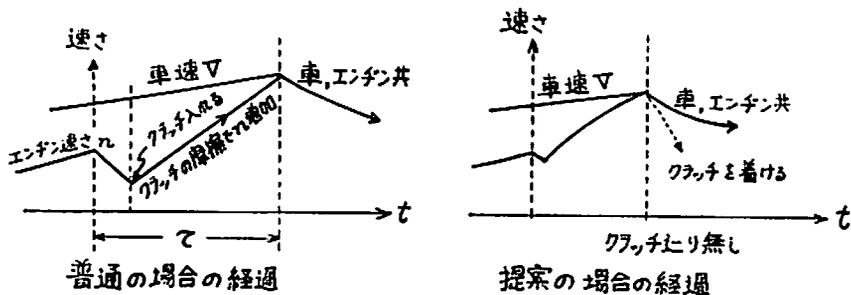
すればよいことが知れる.

また, 下り路で高速時 (50 km/h 以上) で4速→3速のエンジン・ブレーキをかけるときは,



第6図 傾斜路における適正時間の変化のモデル図

適正クラッチ操作としては, 第7図のようにクラッチを離しはじめると間もなくアクセル・ペダルを踏みはじめてエンジンを吹かして回転数を上げなくてはならないことは右側の図の通りである. しかし, 通常は左側の図のようになって大きなクラッチのこりが起ってクラッチ板の焼損をまねくから注意しなければならない. 右側の図のように操作することは下り路でエンジンを吹かすことになり, 心理的抵抗感が強いので仲々実行し難いが, しかしこの方が正しい操作である.



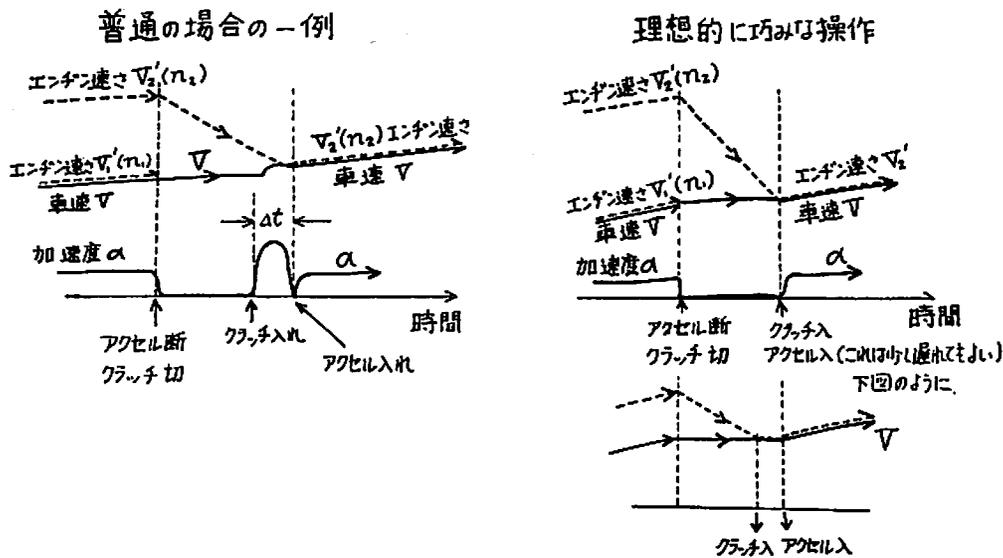
第7図 下り路のエンジン・ブレーキの操作図

(5) 適正でないクラッチ操作の場合の解析

前にまで述べたのは専ら適正クラッチ操作が行われた場合であった. 不適正であると, 両軸の間の回転数差があり, 多少ともクラッチのこりがあり車体の前後方向の加速度 (ショック) もまた発生する. この場合は, なお変速ギヤ入れかえの終期においてアクセル・ペダルを踏みエンジ

ンを再び加速することによっても影響を受けるので、事情は簡単ではないが、多くはクラッチ及び変速ギヤ入れかえの操作時間の長短によって支配される。次の第8図は理論的に巧みな操作の場合とそうでない場合との二つの場合を例示したものである。加速度  $\alpha$  も付記してショックの経過をも示してある。

これらの力学的解析の結果を検討し、また適正なるクラッチ操作を習熟しあるいは判定するため、第2部別報のようなクラッチ差速測定装置を作り、クラッチ・ペダル、アクセル・ペダルの動き、エンジン速さ  $n$ 、車速  $V$ 、差速  $(V-n)$ 、加速度  $\alpha$  などを同時に記録して大きな成果を得ることができたが、その詳細な解析はまた第3部の報告の通りである。



第8図 理想的な場合と普通の場合の操作図

#### 4. 結 言

自動車の前後方向の加速度ショックの中のクラッチ・ショックの原因としてのエンジン慣性と車体慣性質量との摩擦力を介しての衝突現象を力学的に解析して自動車運転および運用上について深い理解を得ることができた。要約すれば

(1) 変速ギヤ比により両慣性質量の比が著しく変化し、とくに変速比の大きいローギヤ変速時にはクラッチ・ショックが大きくなり易いから、操作に熟練しなければならないこと。

(2) 適正なる操作が行われるためには、エンジンの回転数下降特性の動向が重要でセドリック・エンジン (1500) では  $\frac{1000}{1.3} \frac{\text{rpm}}{\text{sec}}$  ぐらいと見られること。

(3) 適正クラッチ接続時間を導入して、その目安を示した。

10 → 20 → 40 km/h 変速では 約 0.9 sec

10 → 30 → 50 km/h 変速では 約 0.9~1.2 sec

(4) 傾斜路における適正クラッチ時間は勾配の上り下りによって大きな影響を受け、一般に

上り路ではゆっくり, 下り路では急いで変速する方がよいこと。

- (5) 下り路でエンジン・ブレーキを4速→3速の変速によって行うときは, まずクラッチ断と同時にアクセルを踏みエンジンを吹かせて回転数を増し3速に対するマッチした回転数まで上げてからクラッチを入れるべきこと (これは心理的の抵抗感のある操作ではあるが)。

これらの結果の検証と適正クラッチ時間の習熟のため, クラッチ差速計装置数種を試作し実用した経過を結果とは別報:

自動車のクラッチ差速計装置の試作 大谷七良

自動車のクラッチ差速計の試用とその結果の解析 鈴木広志

に詳述される通りである。

(昭和40年10月20日)

## 文 献

- 1) 慣性起動器の作動効率, 武田晋一郎: 航空試験所集報1巻3号(昭和17年3月)

## II. 自動車のクラッチ差速計の試作

大 谷 七 良

### 1. 緒 言

クラッチはエンジンの始動あるいは変速機の操作などエンジンの動力を一時的に切断したり伝達動力を徐々に増加または減少させていくときに使用されるものである。

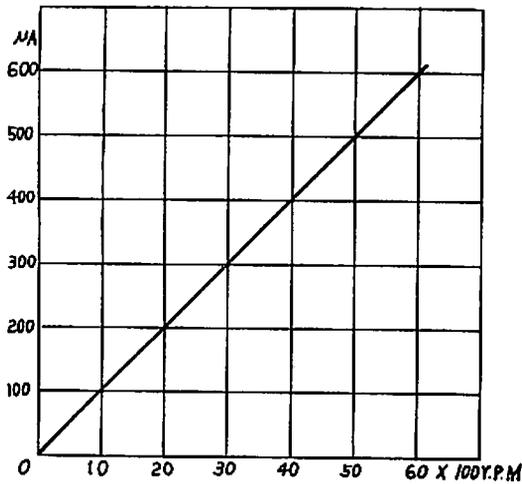
例えばエンジン側の回転数と車体側(後車輪)の回転数が異っている場合にクラッチを操作すればクラッチショック現象が発生する。両回転数が同じ状態のときに操作すればクラッチ接続は理想的である。実際にはこの状態で操作することは困難であって, クラッチ操作には当然エンジン側と車体側との回転数差が生じる。これを差速量という。いわゆるよい乗り心地の一つの条件はクラッチショックがほとんどないことであり, 差速量(回転数差)をできる限り少なくすることである。ここにクラッチ接続の力学的考察ならびに運転技能の優劣判定の一端ともなるクラッチ差速計の製作を昭和37年頃より進めて今日までに電子回路方式によるものと発電機方式によるものを試作しほぼ満足すべき結果を得た。

### 2. クラッチ差速計の原理

(1) 自動車のクラッチ差速量を測定するには電子回路方式と発電機方式があるが, いずれもエンジンならびに車体側の回転数を電気的に変換して測定するものである。エンジン側回転数を

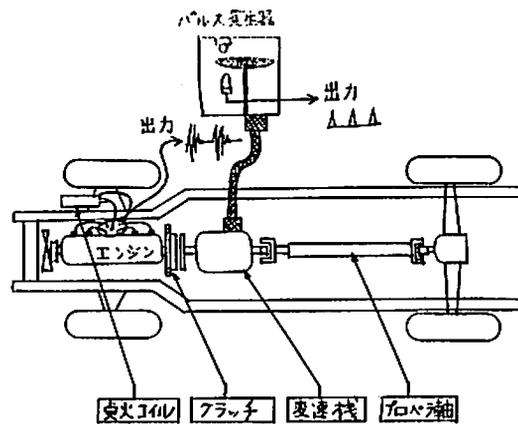
$n_e$  とし、車体側回転数を  $n_v$  とすれば、回転数差  $\Delta n$  は  $n_e \sim n_v$  である。この差速量を検出するには  $n_e$  と  $n_v$  の測定において回転数対電圧特性が正しく直線的でなければならない。

(2) 電子回路方式ではエンジン側の回転数に比例したパルス信号をデストリビュータの低圧端子からとりだし、エンジン側  $n_e$  の充放電回路をトリガさせ第1図 (a) に示した特性を作ることができる。また車体側回転数  $n_v$  対電圧特性が第1図 (a) のように直線でなければならないから、車体側の回転数  $n_v$  に比例したパルス信号をとり出さなければならない。変速機からの速度計のフレキシブルシャフトを使用してパルス発生器の円板を回転させ、円板にあけられた孔をとおしてくる変調光源をフォトランジスタに受け  $n_v$  に比例したパルス信号をとりだし充放電回路をトリガさせ、第1図 (a) に示した特性を作ることができる。この電圧を差動的に接続して  $n_e$  と  $n_v$  の差を検出させ、 $\Delta n$  (差速量) を指示器に検出することができる。発電機方式では第2図 (a) に示すように回転数 ( $n_e, n_v$ ) 対電圧特性が正しい直線であることが望ましい。



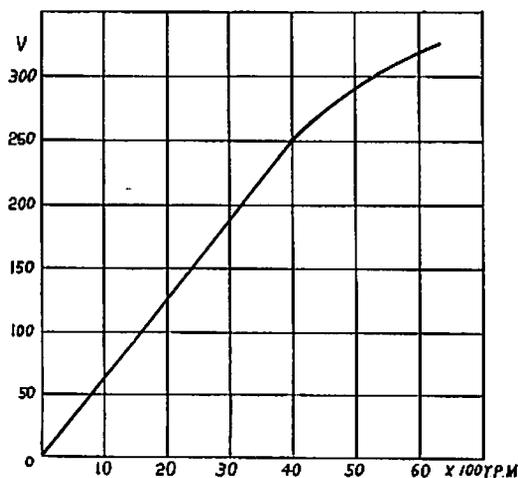
電子回路回転電流特性

第1図 (a)



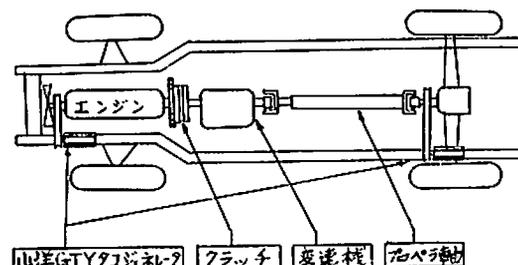
パルス発生器装置図

第1図 (b)



山洋電機製GTYタコゼネラータ特性

第2図 (a)



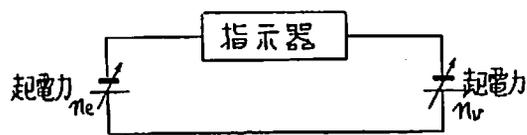
タコゼネラータ取付図

第2図 (b)

タコメータゼネレータの電気特性は回転数対電圧特性が直線であるのを利用して, エンジン側  $n_e$  の発電機と車体側  $n_v$  の発電機をとり付け, 発生電圧を差動的に接続して差  $n_e \sim n_v$  を検出させるようになっている。

(3) フライホイール (エンジン) の回転数とクラッチ板の回転数が変速機のために異なるため電子回路方式もこの変速比を電氣的に修正しなければならない。変速機も前進3段方式と4段方式があるが, この実験では60年セドリック 1500 cc の車を使用したので前進4段であるため各変速ごとにそれぞれ別個の指示器を使用して変速比の割合に応じて電圧をポテンションメータで各段の変速比の大小に応ずるように調整して  $4n$  (差速度) を検出するようになっている。

(4) 差速度の検出は第3図に示すように回転数対電圧特性が直線的であることを利用して  $n_e$  と  $n_v$  との電圧を差動的に接続してその電位差を検出するようになっている。



第3図 差速度の検出図

(5) 第1図 (b) は電子回路方式による装置図であって, エンジン本体のデストリビュータの低圧端子から  $n_e$  に比例したパルスを取りだし, もう一方のパルス信号は速度計のフレキシブル

シャフトをパルス発生器に接続してその回転円板を回転させ  $n_v$  に比例したパルスを取り出すようになっている。

(6) 第2図 (b) は発電機方式による装置図であって, エンジン本体に山洋電機装タコメータゼネレータ GTY をとり付けエンジンの回転が V ベルトで伝達され, そのタコメータゼネレータが回転するようになっている。

後車軸にとり付けられたもう一方のタコメータゼネレータはプロペラ軸から V ベルトで回転が伝達されるようになっている。

### 3. 電子回路方式による差速計

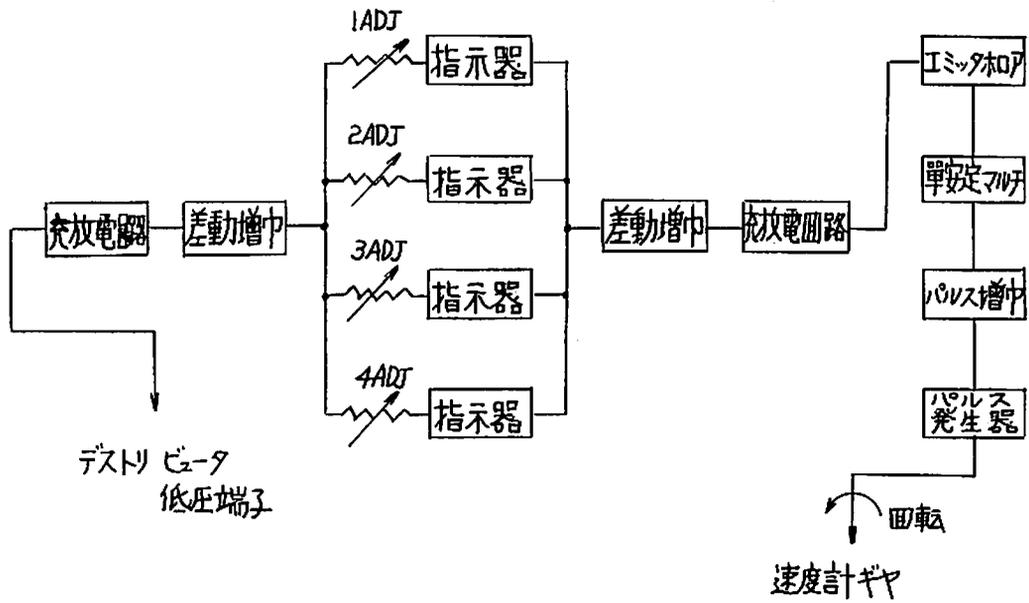
電子回路方式は第4図のブロック図で全体を説明してみると, パルス発生器部, 単安定マルチバイブレータ部, 増幅器部, エミッタホロア部, 充放電回路部, 差動増幅部の6個の回路からできている。

#### (1) パルス発生回路

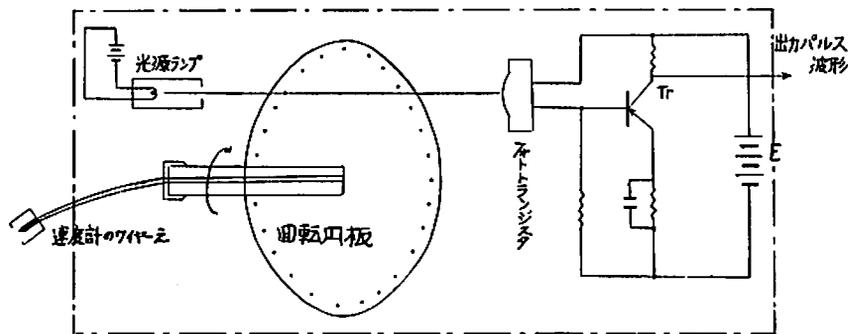
パルス発生器は回転円板に孔を等間隔にあけたものをプロペラ軸に連動しているフレキシブルシャフトで回転させ, 円板の片側に光源ランプを置き他の側にフォトランジスタをとり付けて, 円板にあけられた孔を通して光をフォトランジスタに受けると電流が流れ, 円板が回転すれば光が断続してフォトランジスタにはパルス信号が発生する。

#### (2) 単安定型マルチバイブレータ

これは入力波形の多少の歪みを矩形波に修正する回路であって, 入力波形が変化しても出力波



第4図 電子回路方式ブロック図



第5図 パルス発生装置

形を一定矩形波にするものである。振幅やパルス時間の変化があっても安定した波形がえられるものである。

(3) 増幅器

トランジスタ増幅器はパルス発生器からのパルス信号をオーバーシュートならびにサグの歪みを少なくして電圧増幅する回路であるトランジスタ回路は低電圧，小型軽量に製作することができるので移動用には適当である。

(4) エミッタホロア

この回路はエミッタ電流負帰還であるため入力インピーダンスを高くとることができるので，ベースの過負荷を防ぐことにもなり負荷インピーダンスを低くすることができるため電圧変動率が少く4ケの充放電回路を安定にトリガすることができる。

(5) 充放電回路

コンデンサーを定電圧で充放電させその放電電流を測定すれば回転数が測定できる。コンデンサーの充電電圧を  $E$ ，コンデンサー容量を  $C$ ，パルス数を  $N$  とすれば回路に流れる電流  $i$  はつ

ぎの式で表わされる.

$$i = ECN$$

電流  $i$  は回転数  $n$  に比例するから,  $i$  を測定すれば回転数  $n$  を検出することができる.

(6) 差動増幅器

$n_e$  と  $n_r$  の信号を検出する回路でありその信号の差の値を増幅する回路である.

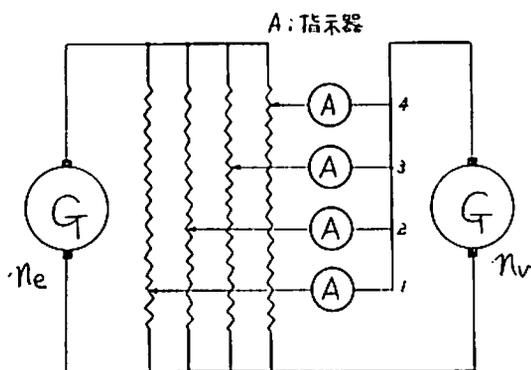
(7) 指示器

差速度の測定には高感度電流計を使用して指示させこの電流計を運転席の前にとりつけて差速度の変化を測定しながら運転することができるようにした. データを解析する場合には記録計(三栄測器製ビシグラフ)を使用して差速度の変化を記録するようになっている.

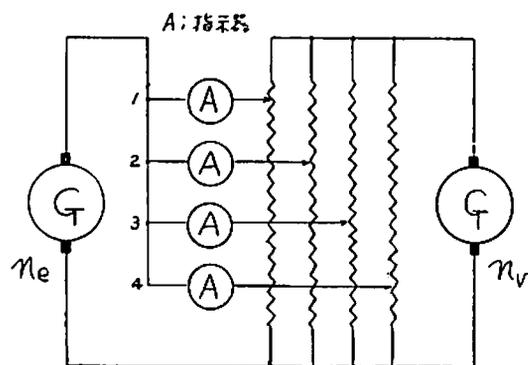
4. 発電機方式による差速計

電子回路方式による差速計においては, コンデンサーの充放電電流が小さいので三栄測器製トランジスタ直流増幅器を採用したがトランジスタの温度特性が悪く直流増幅器のドリフトが発生したので記録結果が不安定なので, これにかえて発電機方式による差速計を試作した. 山洋電機製のタコメータゼネレータ (GTY) を採用して第 2 図 (a) のごとく回転対電圧特性の直線部分を利用して差速度を検出する. この発電機は最大電圧 240 ボルト 6 ミリアンペアをとることができる.

電気回路も非常に簡単で安定性もよい. 差速計の平衡回路にも第 6 図 (a) (b) 二通りの回路が考えられる. (a) 図はエンジン側の電圧を各変速機のギヤ比に応じてポテンションメータで分割して車体側の電圧と差動的に接続した回路である. この方法では車体側  $n_r$  の回転数差を大きくとることができる. (b) 図は (a) 図と反対に, エンジン側  $n_e$  の回転数差を大きく指示することができる.



第 6 図 (a) 差速計回路図 ( $n_r$  電位降下法)

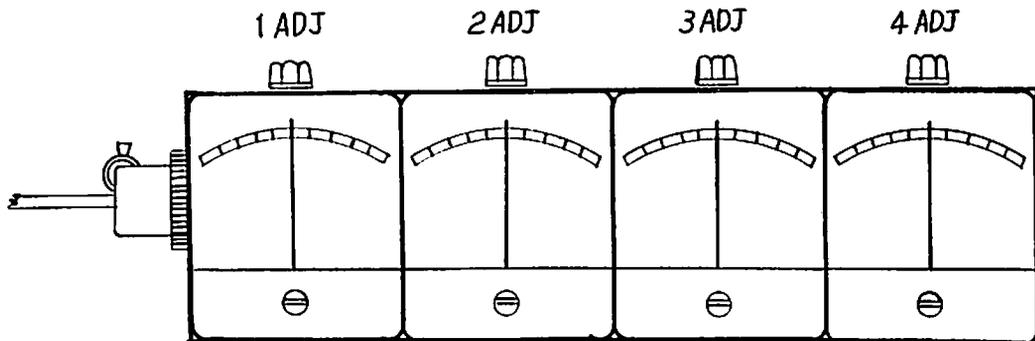


第 6 図 (b) 差速計回路図 ( $n_e$  電位降下法)

発電機方式は電子回路方式にくらべて電気的には簡単であるが機構的にはやや複雑になる.

第 7 図の差速計は指示器の高感度電流計と電圧平衡器からなっていて, 電気回路は第 6 図の

(a) に示してあるように非常に簡単な回路である。この電流計は左側から 1 速 2 速 3 速 4 速の



第7図 差速計外形図

各差速を指示するようになっている。

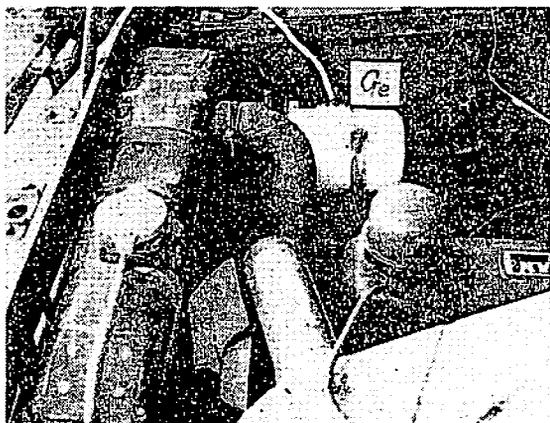
## 5. 記録計

記録計は三菱測器製 (FR-201 型) ビジグラフを採用した、ビジグラフは普通の電磁オシロの性能を備えたものであるが、時間のかかる現象を不必要とするので、記録結果を迅速に判定することができる。光源の超高圧水銀灯から送られる光のビームはガルバノメータの鏡に反射した光が特殊感光紙に記録することができる。このビジグラフは 6 エレメントまで記録できるので差速量の変化の 1 速, 2 速, 3 速, 4 速とクラッチ・アクセルの計 6 個の変化を同時に記録することができる。

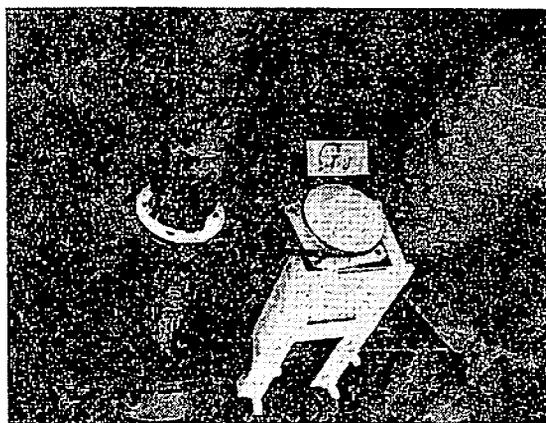
グラフの解析にはタイミングラインを記録させる必要があるので、記録紙のタイミングラインは紙送り速度 (ギヤーボックスによって 8 段変速とし切換押しボタンスイッチで切換られる) と連動して 1, 1/10, 1/100 sec のいずれかが記録されるようになっている。またガルバノメータは外部からの振動衝撃を受けやすい構造になっているから極力振動をガルバノメータに伝わらないよう配慮してあるが、記録結果を不正確にならぬように車の振動を極力小さくして差速量の変化を測定した。



第8図 4個の差速指示器



第9図 エンジン用タコメータゼネレータ



第10図 車速用タコメータゼネレータ

## 6. 電源用発電機

電源用発電機は2サイクルエンジンを使用して発電機を回転させ、周波数 60 サイクル電圧 90~120 ボルト発生することができる。電量は約 1.2kW である。この発電機を60年セドリックのトランクに装備し測定器の電源用とした。この2サイクル空冷エンジンの騒音はかなりのものであった。

## 7. 結 論

電子回路方式では差速電圧を増幅するためにトランジスタ直流増幅器を使用したのであるが、増幅器のドリフトが発生したため安定したデータを得ることができなかつた。そのために電子回路方式を変えて発電機方式による作速計にした。

この発電機方式ではタコゼネレータを使用しているので電圧も大きくかつ安定性もあり直接指示器ならびに記録計を作動させることができる。

指示器を4個並べて指示するものは安定に動作して、運転者のクラッチ接続の巧拙の判定に極めて効果的に使用されている。

ビジュグラフを使用して測定して得た結果は、第3段の報告に詳しく述べられている通りで、可成りの興味ある結果が得られている。

## III. クラッチ差速計の試用と測定結果の解析

鈴木 広 志

### 1. 緒 言

自動車が発進、停止するときのおよび走行中にうける前後方向の加速度に関する理論的考察に

関しては、第1報に詳述されている。この中において述べられているように、われわれが今回研究の対象としてとりあげたのは、クラッチ接続時に生ずるクラッチショックの問題である。この問題の研究をすすめるにあたり、まず第2報において述べられたような、クラッチ差速計の研究開発を行い、これを用いて数多くのデータを得ることができた。

クラッチショックを起すクラッチ差速の原因はクラッチペダルとアクセルペダルの運動に直接関係があるため、これらの運動も合せて記録させた。またクラッチショックの大きさも定量的に知る必要があるため加速度計を用い記録をとった。

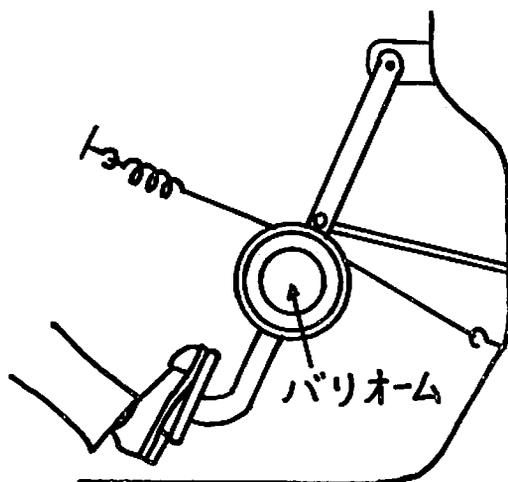
このようにして得られた50余の測定記録を解析することによって、クラッチショックの問題を深く究明することができた。

高速度で運動しかつ不規則ではげしい振動のある自動車の座席内において、多くの現象(差速、アクセル、クラッチペダルの運動、加速度の4つの量)を同時に記録させることはかなり困難な仕事であった。そのために幾度か改良が重ねられて、昭和40年8月所期の目的を達するに足る測定装置を完成することができた。

## 2. クラッチ差速計の試用

### 2.1 クラッチペダル、アクセルペダルの運動と前後加速度の測定

クラッチショック発生の直接原因はクラッチペダルとアクセルペダルの操作如何にあるといっ  
てよい。クラッチショックを少なくするためには、両ペダルの働きが適正に行わなければならない。そのため、クラッチ差速の変化と同時に、アクセル、クラッチペダルの動きも記録した。クラッチペダルの動きは、第1図に示めされるような装置によって、電気量に変換され、記録装置の入力端子に接続されている。クラッチペダルに巻線型バリオームが固定され、その回転軸にリールがとりつけられている。リールに巻きつけたナイロン紐の両端は車体に固定されている。ク



第1図 クラッチペダルの動きを電気量に変換する装置

ラッチペダルの動きによって、バリオームが回転し、電気的出力をとり出すことができる。

アクセルペダルの動きは、気化器のスロットル弁軸に巻線型バリオームの回転軸を接続して電気量に変換している。

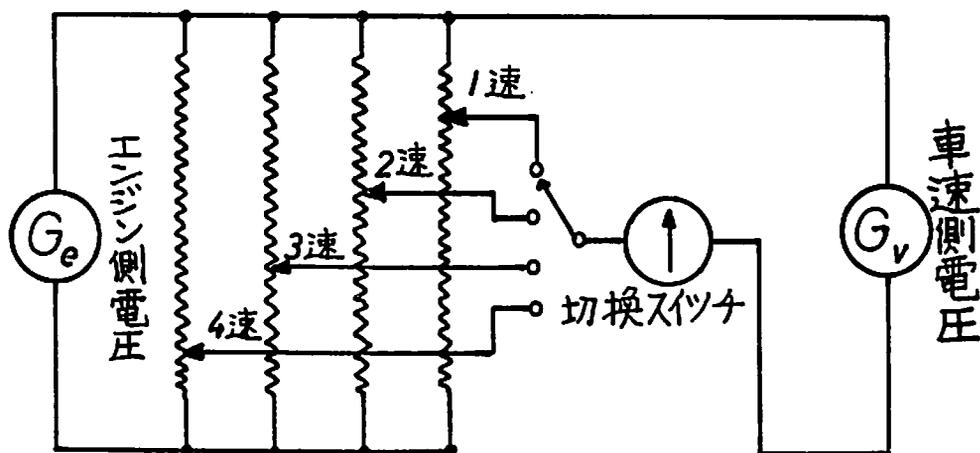
車の前後方向の加速度は記録計(ビシグラフ)の測定エレメントに余裕がないため、東京精密測器製の自記踏力-制動計を用い記録をとった。自記踏力-制動計は自動車のブレーキ・テスターとして開発されたものであり、ブレーキを踏む力と加速度とが同時に記録できる。われわれ

はこの制動計を用いて自動車の前後加速度を測定した。踏力計はクラッチペダルにとりつけ、ピシグラフの記録と関連づけるために使用した。

### 2.2 1個の指示器による方式

クラッチ接続時におけるクラッチ差速の大きさをみるために、差速を電気量に変換して差速電圧とし、零点を中央にした電圧計を用いて指示させた。

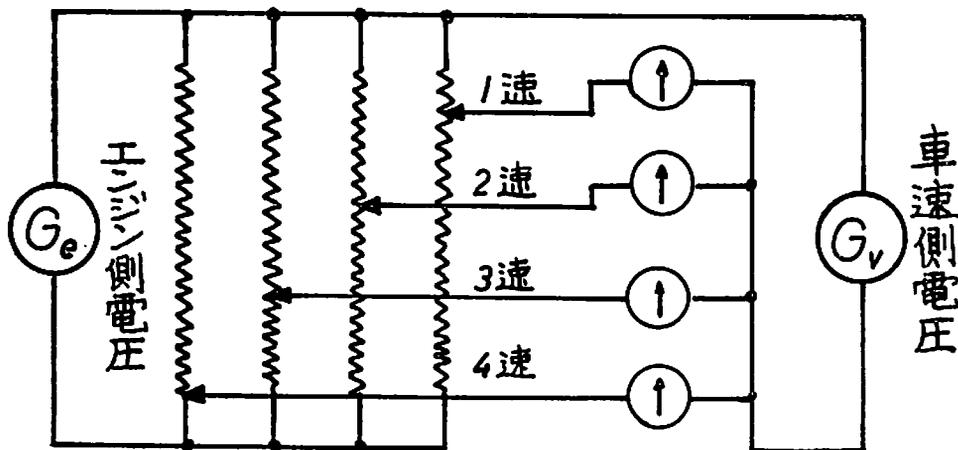
最初に試作されたものは第2図にしめされるような回路構成となっている。この場合には差速電圧を指示させるに、1個の指示計を用いている。各段の差速の大きさをみるため、ギヤチェンジを行うさい、クラッチを切ると同時に手動によって指示器への回路端子の切りかえを行い、各段の差速を観測した。また指示器の観測と同時に8ミリフィルムによる撮影も行った。しかし、8ミリフィルムによる記録方式では、測定後ただちに、記録の解析を行うことは困難であり、またフィルムの像もやや不鮮明であり適切な方法ではない。



第2図 差速計回路図 I

### 2.3 4個の指示器による方式

1個の指示器による方式において生ずる回路切りかえ操作の煩雑さをさけるとともに、各変速



第3図 差速計回路図 II

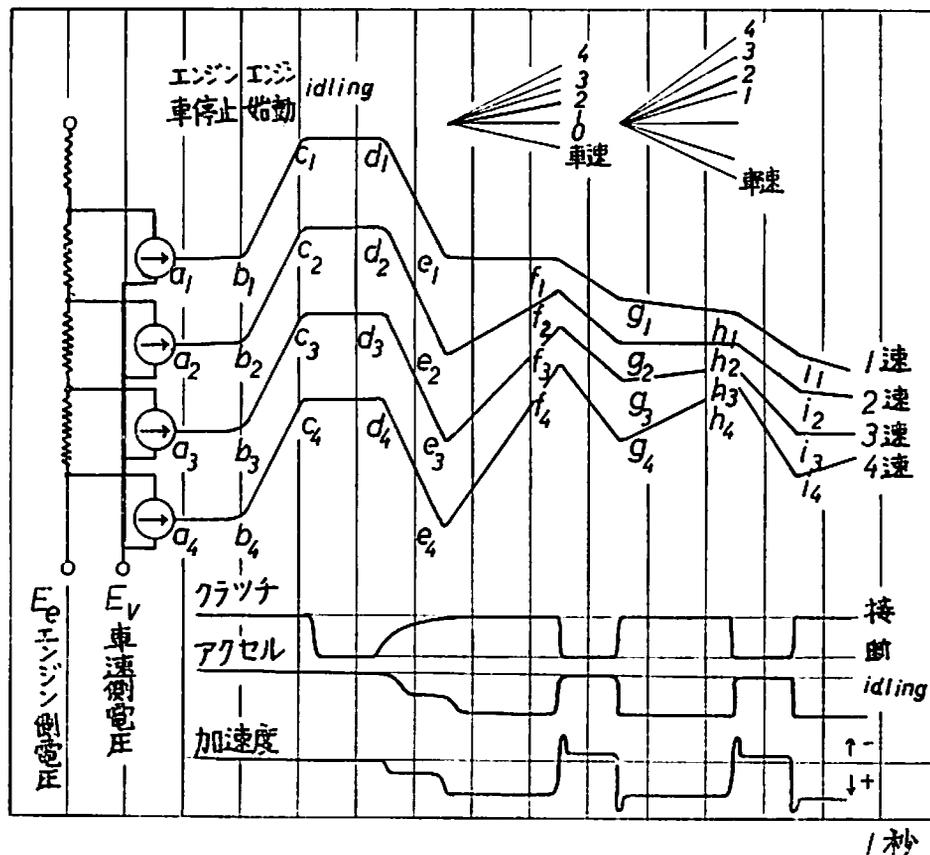
段の差速を同時に知る必要性から、4個の指示計を用いることにした。1個の指示器による方式にくらべて、各段の差速の変動を同時に観測できるため、ギヤチェンジの際の各操作に十分余裕をもたすことができる。4個の指示器に並列にペンオシロを接続し各差速電圧の大きさならびに、アクセルペダル、クラッチペダル、車の前後方向加速度の同時記録を行った。しかし差速電圧の増幅に使用した直流増幅器の性能が十分でなく、十分なる成果は得られなかった。

#### 2.4 ビジグラフによる記録

第3回目の改造装置においては、ペン書オシログラフにかえて三菱測器製ビジグラフ RF 201型を用いた。また真空管式直流増幅器にかえてトランジスタ式直流増幅器を用い重量の軽減をはかることができた。第2報において述べてあるように、エンジン側電圧、車速側電圧はともにパルスの積算回路を用いたものであるが、安定回路の設計が十分でなかったため十分安定に測定記録を得ることはできなかった。そのため第4回目の改造においては、エンジン側、車速側ともに直流発電機を用いることにした。この直流発電機は 60 V/1000 rpm の特性を有し、安定した出力を得ることができる。また直流増幅器を用いることなく直接ビジグラフを作動させることができる。

### 3. 測定記録の解析方法について

クラッチ操作が理想的に行われたときの測定記録をモデル化し、これを第4図に示した。第4

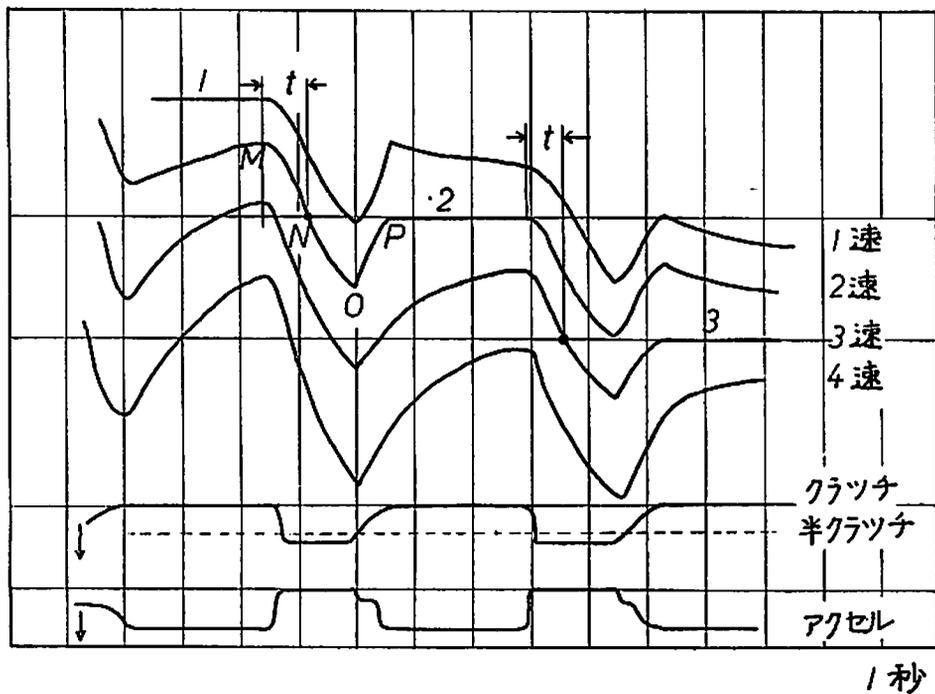


第4図 クラッチ操作が理想的に行われた測定記録をモデル化した図

図においてエンジン側電圧  $E_e$  は抵抗器で分割されて、それぞれ 1, 2, 3, 4 速の指示器に接続されている。一方車速側電圧  $E_v$  は分割されることなく各指示器の他端子に接続されている。第 4 図のグラフは上から、1 速, 2 速, 3 速, 4 速の差速の大きさを表わし以下、クラッチペダルの踏みこみ, アクセルペダルの踏みこみ, 車の前後方向の加速度 (下方が正の加速度) を表わしている。

$a, b$  間はエンジン, 車ともに停止しているため,  $E_e, E_v$  は零, したがって差速電圧は零となる。この線の位置が差速電圧零, すなわち差速零をあらわすことになる。  $b$  においてエンジン始動,  $c$  までエンジンの回転上昇,  $c, d$  間はアイドルで回転数は約 600 rpm,  $d$  でクラッチペダルを踏み (クラッチ断) 変速機を 1 速に入れる。  $d, e$  間においてアクセルペダルを軽く踏み, クラッチを接続していく。  $e_1$  でクラッチの接続が終り,  $e, h$  間ではアクセルペダルをさらに踏みこみ車速を増加させる。この間, 1 速の差速は零になっている。つぎは 2 速へのギヤチェンジについて説明する。  $f$  でアクセルペダルを離すと同時にクラッチを切る。第 1 報において述べられたように, 車速の減速にくらべて, エンジンの回転減衰の方が大であるため, 差速電圧は車速側, すなわち下方に変位する。  $g_2$  点において差速電圧が零となる。この位置においては, エンジンの回転数 (フライホイールの回転数) と 2 速におけるクラッチの回転数とが同じになっている。したがってここでクラッチ接続を行えば, クラッチショックは起らない。

3 速, 4 速についても同じことがいえる。以上述べたような方法でクラッチの接続操作が行われるならば, クラッチショックは殆んど起らない。しかし実際には, クラッチショックを全く生じさせないということは非常に困難なことである。



第 5 図 クラッチにすべりがあるときの測定記録をモデル化した図

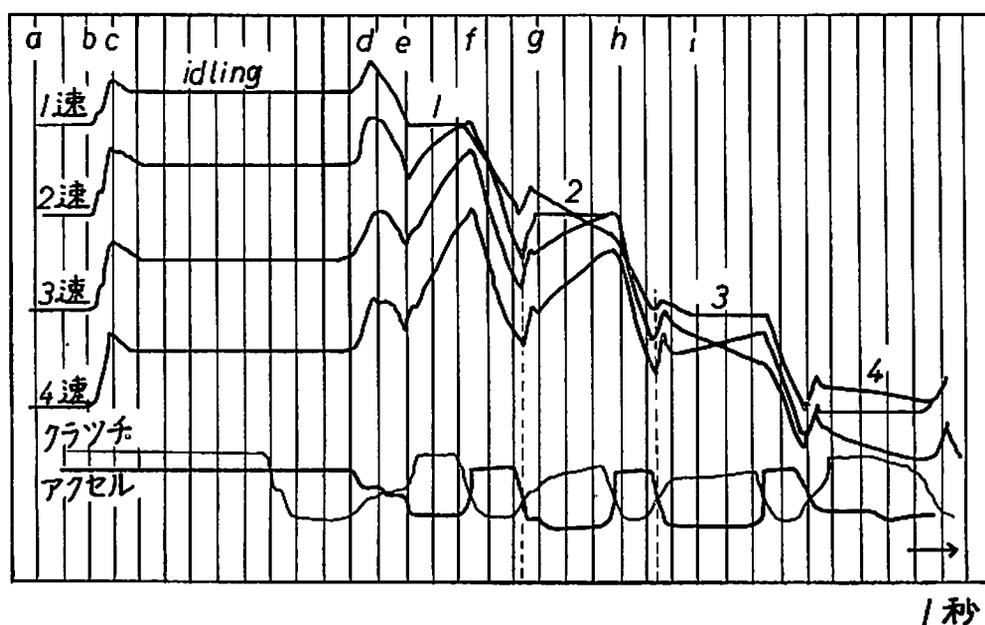
第5図はクラッチにすべりがある場合の記録をモデル化した図である。第4図, 第5図においてみられるように, クラッチ接続の適正時間は約1秒程度である。このように比較的短い時間内において, ギヤチェンジ, クラッチの断続を適正時間通り行うことは, 非常に困難な操作といえる。

このように非常に熟練を要するクラッチ操作が, 普通一般にはどのような方法で行われているかを第5図において考えてみる。1速で車速を増加させたのち,  $M$  点でアクセルペダルをはなし, クラッチを切る。2速についての差速電圧は  $M, N, O$  点と変化していく。  $N$  点で差速電圧が零となるから, この位置でクラッチの接続を行えばよいのであるが, 時間が短いため,  $N$  点を通りすぎてしまう。  $N$  点をすぎ,  $O$  点あたりまで達したとき, 半クラッチにし, 同時にアクセルペダルを踏みエンジンの回転を上げ, 差速を減少させる。差速電圧が零, すなわち差速零の  $P$  点でクラッチが完全に接続される。本例は, 半クラッチとアクセルを併用して差速をへらしていった例であるが, 差速を減少させる方法としては, 半クラッチを用いずアクセルで適当にふかし, エンジンの回転を上げていってもよい。しかしアクセルのみにたよる方法は, 半クラッチを併用する場合にくらべて, かなり操作がむずかしくなってくる。

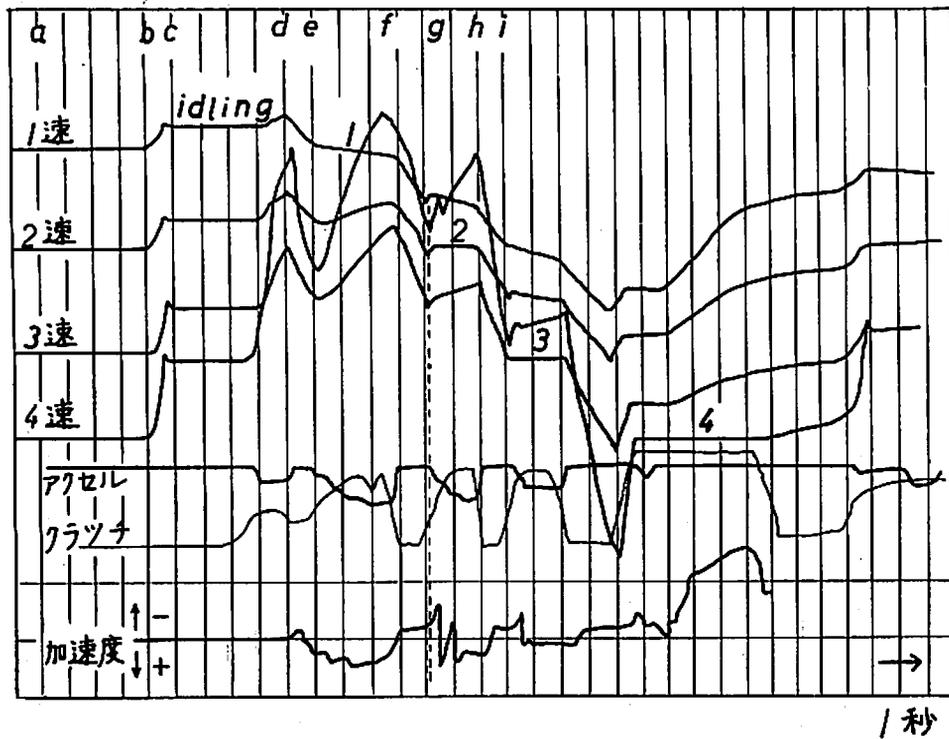
#### 4. ビジグラフによる測定記録の解析と考察

測定記録のうち数例について, 簡単に解析と考察を行うことにする。

第6図において, 1速から2速に移る  $f, g$  間の波形は第5図のモデル化した図形と非常によく似ている。  $f, g$  間の点線位置において半クラッチとアクセルペダルの踏みこみが行われている。本例にはアクセルペダルの踏み込みが大きすぎたため途中でクラッチの滑りを表わす小さい



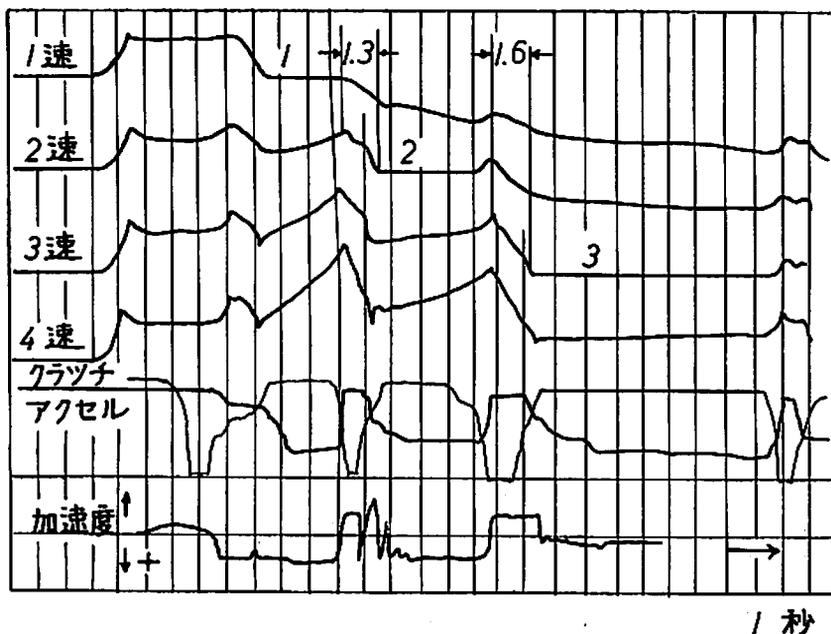
第6図 平地における発進時の測定記録



第7図 傾角 3:5 の下り坂における測定記録

山が表われている。クラッチペダルとアクセルペダルの操作時期は適当であるが、アクセルの踏みこみが大きすぎた例である。1速から2速へ移るさいのクラッチ接続適正時間は約1.3秒となっている。

第7図の記録は下り坂で行われたため、平地にくらべてアクセルペダルの踏みこみが少ない。1速から2速に移る *f, g* 間においては、クラッチ接続適正時間は約1秒、クラッチ接続完了が約1.3秒、第6図の例では、この時間が約2.5秒であるから、かなり短いクラッチ操作時間とな

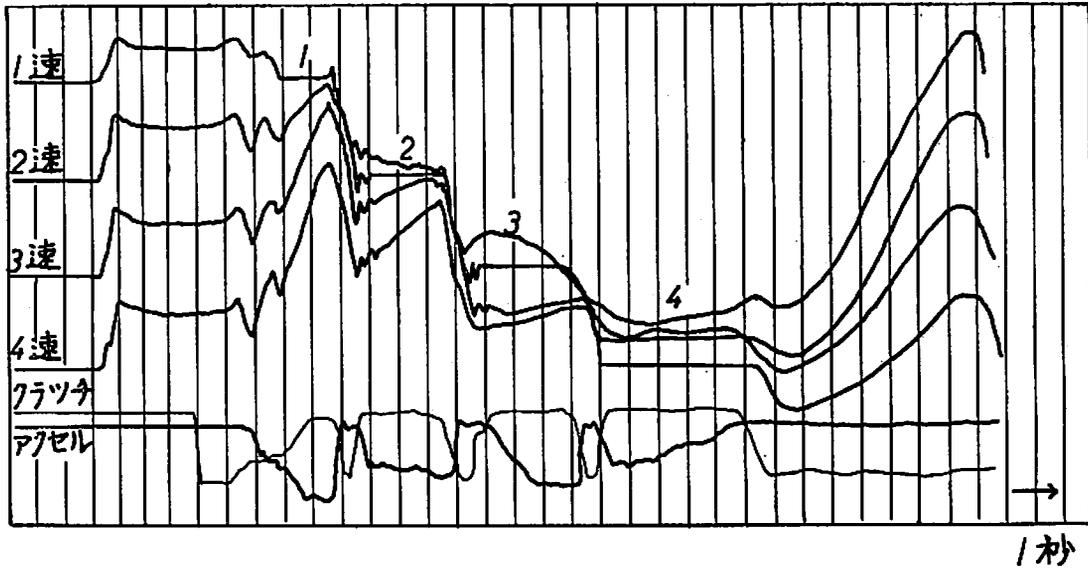


第8図 傾角 3:5 の上り坂における測定記録

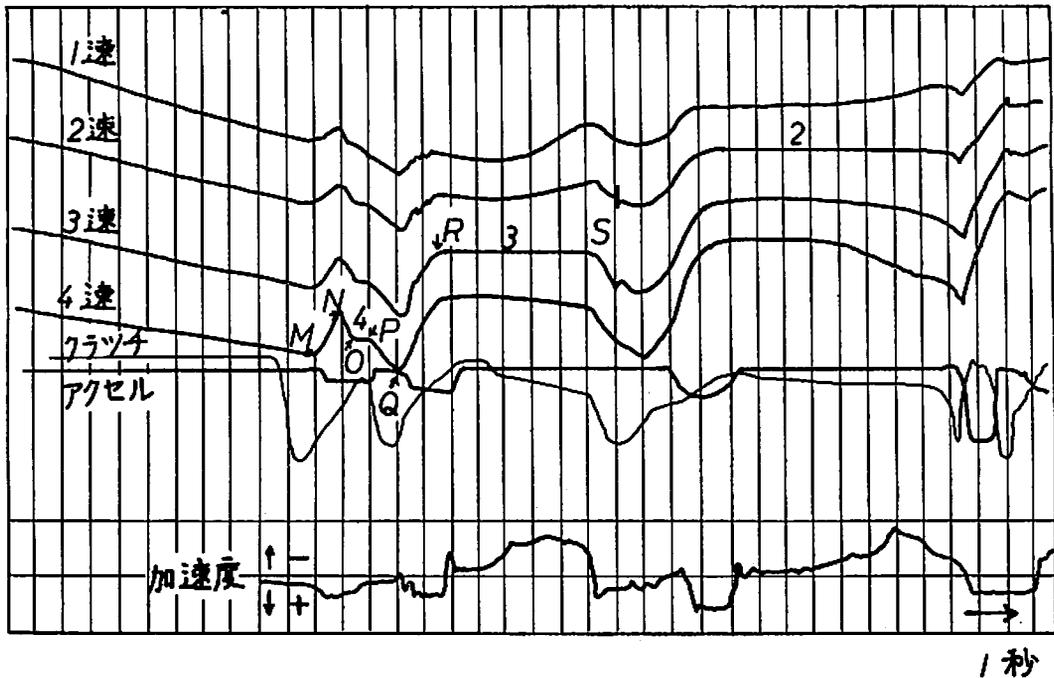
っている。そのためアクセルペダルの踏みこちがおくれ、しかも不足している。エンジンの回転数が十分上昇していないため、クラッチショックが生じ、加速度の指数は約  $-0.1g$  をしめしている。

第8図において、1速-2速間、2速-3速間におけるクラッチ接続適正時間はそれぞれ1.3秒、1.6秒と下り坂における適正時間に比べて長くなっている。本例では半クラッチは用いず、早い接続が行われている。

第9図においては半クラッチを用いずクラッチ接続適正時間で、クラッチの断続を行なった例



第9図 平地において半クラッチを使わず、クラッチ接続適正時間に近い時間で、クラッチの断続を行った測定記録



第10図 下り坂においてエンジンブレーキを働かせたときの測定記録

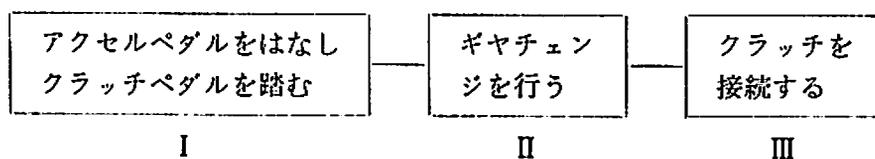
である。1速-2速間は1秒, 2速-3速間は0.9秒, 3速-4速間は0.8秒と非常に短い時間内にクラッチ操作が行われている。1秒以内にクラッチの断続操作を完了させるには, 可成り努力する必要がある。

第10図の測定記録においては, まず最初に下り坂をニュートラル, アイドリングで発進する。車速が次第に増し, 差速電圧は下方に変位する  $M$  でアクセルペダルを踏み, エンジンの回転数を上げる。  $N$  でクラッチが付きはじめる。  $O$  でクラッチ接続が完了する。アクセルペダルの踏みこみすぎにより, エンジンの回転数が上りすぎた状態で, クラッチの接続が行われているが, 4速のため顕著なショックは記録されていない。4速から3速に移るさいは, アクセル, クラッチペダルの操作が適正に行われ, 大きなクラッチショックは発生していない。3速の  $R, S$  間においてエンジンプレーキの効果が加速度計のグラフに表われている。

## 5. 結 言

自動車の発進, 停止時および走行中に生ずる種々の加速度によって, 自動車の運転者はもちろんのこと, その同乗者たちは, すくなからず不快感を与えられるものである。しかるに従来この問題が余りとり上げられてこなかった理由は, いろいろあるであろうが, 主たる原因は, この研究が非常に困難な仕事であったことによるであろう。第1報において詳述されたように, 自動車に生ずる前後方向の加速度としては, クラッチショック, アクセルショック, ブレーキショックなどがあるが, われわれはこの中で, クラッチショックの問題を特に重要視して, 研究をすすめてきた。本第3報においては差速計によって得られた多くの測定記録の解析を行いクラッチショックの問題を究明することができた。

一般にわれわれが自動車を加速させる場合に行うギヤチェンジは次のような順序で行われてい



る。ところが II から III に移る過程において, クラッチショックを減らすべく, いろいろな方法が実行されている。

- a. 半クラッチにし, アクセルペダルを軽く踏みエンジンの回転数を上げる。
- b. アクセルペダルを適量だけ踏みエンジンの回転数を上げる。
- c. ダブルクラッチを踏み, アクセルペダルを適量だけ踏みこむ。
- d. II から III をクラッチ接続適正時間で行う。

以上いづれの方法によっても, それが適切に行われるならば, クラッチショックは殆んど起らない。しかし最も確実にクラッチ操作が行えるのは, a. (半クラッチにしアクセルペダルを軽く

踏み、エンジンの回転を上げる) による方法と考える。上り坂などにおいてクラッチ接続適正時間に比較的余裕がある場合は、dの方法をとってもよい。以上第1, 2, 3報において述べられた研究経過ならびにその研究結果は、今後この種研究を進める場合また自動車運転技術向上をめざす人にとっては多いに役立つものとする。