

自動車サンプリング式自動定速走行装置の試 作研究

SUZUKI, Hiroshi / 鈴木, 広志

(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)

18

(開始ページ / Start Page)

9

(終了ページ / End Page)

16

(発行年 / Year)

1982-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004108>

自動車のサンプリング式自動定速走行装置の試作研究

鈴木 廣 志*

A Speed Control Regulator for an Automobile using a Sampled Data Feed Back Control System

Hiroshi SUZUKI

Abstract

Several kinds of speed control regulators for automobiles have been investigated in various countries. Many kinds of regulating systems have been studied for instance relay control and electrical or pneumatic proportional control.

In this study, a sampled data feed back control system is used in the control device and we were able to get good results during running tests on a motorway.

1. ま え が き

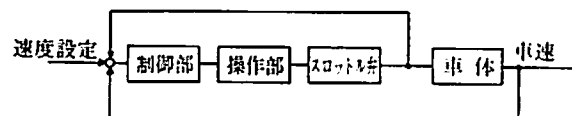
自動車の速度を設定された値に保ちながら走行することのできる自動定速走行装置については、いく種類かの装置が研究され、一部の自動車においては実用化されているものがある。われわれは今日までリレー式制御装置、電気式、空気式連続制御装置を試作して良好な走行特性を得ることができた。今回の研究は、リレー式制御方式を改良したサンプリング式制御装置の試作研究である。

2. 自動定速走行装置の理論

2.1 連続式自動定速走行装置

速度設定信号と車速検出器から送られてきた信号は、比較回路を通過したのち増幅されて制御部→操作部へ伝達される。操作部は入力信号に比例してスロットル弁の開度を変化させ、エンジンの回転数すなわち車速を変える。

スロットル弁の開度を制御するため、第1図のようにスロットル弁の開度に比例した電圧がフ



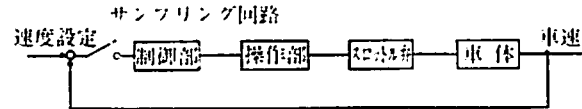
第1図 自動車の連続式自動定速走行装置のブロック線図

* 電気工学科，計測制御専攻

ードバックされている。

2.2 サンプリング式制御装置のブロック線図

第1図のブロック線図と比較して異なる点はサンプリング回路が新たに挿入された代りにスロットル弁の開度を制御するフィードバック回路がなくなっていることである。

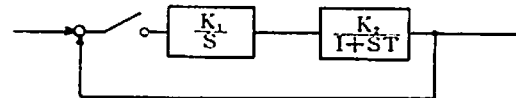


第2図 サンプリング式速度制御装置のブロック線図

3. サンプリング式制御装置の理論

第2図のブロック線図は、第3図のように簡単なブロック線図で表わすことができる。

ブロック線図中の K_1 は直流増幅器の増幅率, AD変換器の特性, パルスモータの特性などに関する定数である。 K_2 はスロットル弁の開度と車速との関係を表わす定数である。



第3図 サンプリング式制御装置

この K_2 は自動車に作用する負荷, すなわち自動車の総重量, 風の影響, 道路の勾配, 路面の状況などにより変化する量であるが, ここでは定数とみなしておく。

第3図において回路の一巡伝達関数を $G(S)$ とすれば

$$G(S) = \frac{K_1}{S} \cdot \frac{K_2}{1+ST} \quad (1)$$

となる。 $G(S)$ の Z 変換を $G(Z)$ と表わし(1)式の Z 変換を求めれば

$$G(Z) = K_1 \cdot K_2 \left\{ \frac{Z}{Z-1} - \frac{Z}{Z-e^{-Ts/T}} \right\} \quad (2)$$

となる。入力と出力の Z 変換をそれぞれ $R(Z), C(Z)$ とすれば, $C(Z)$ は次式のように表わされる。

$$C(Z) = \frac{G(Z) \cdot R(Z)}{1+G(Z)} \quad (3)$$

入力がステップ状に変化するとき, 一巡伝達関数 $G(Z)$ を次式のように書きなおし

$$G(Z) = K_1 \cdot K_2 \left\{ \frac{Z(1-e^{-Ts/T})}{Z^2 - (1+e^{-Ts/T})Z + e^{-Ts/T}} \right\} \quad (4)$$

(3)式と(4)式よりステップ応答を求める。

$$\begin{aligned} C(Z) &= K_1 \cdot K_2 \frac{Z(1-e^{-Ts/T})}{Z^2 - (1+e^{-Ts/T})Z + e^{-Ts/T}} \cdot \frac{Z}{Z-1} \\ &= K_1 \cdot K_2 \frac{Z^2(1-e^{-Ts/T})}{Z^3 - (2+e^{-Ts/T})Z^2 + (1+2e^{-Ts/T})Z - e^{-Ts/T}} \end{aligned} \quad (5)$$

3.1 サンプリング周期とステップ応答の関係

(5)式の逆変換を求め、サンプリング周期とステップ応答の関係を求める。

自動車が生止している状態からある速度に達したときの時定数を10秒とし、サンプリング周期を5, 10, 20秒と変えたときのステップ応答の式を求める。

$T_s=5.0$ 秒 (サンプリング周期)

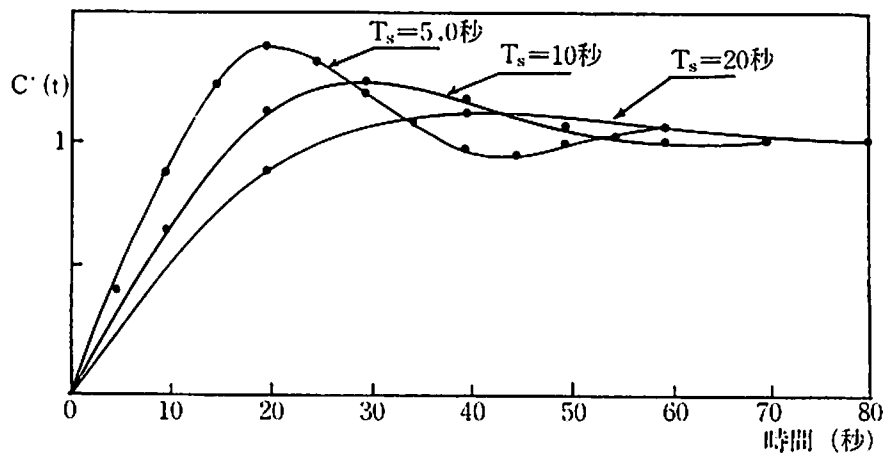
$$C^*(t)=0.3935\delta(t-5)+0.8708\delta(t-10)+1.2111\delta(t-15)+1.3345\delta(t-20)+1.2777\delta(t-25)+\dots \quad (6)$$

$T_s=10.0$ 秒

$$C^*(t)=0.6320\delta(t-10)+1.0972\delta(t-20)+1.2070\delta(t-30)+1.1167\delta(t-40)+1.0092\delta(t-50)+0.9646\delta(t-60)+\dots \quad (7)$$

$T_s=20$ 秒

$$C^*(t)=0.865\delta(t-20)+1.098\delta(t-40)+1.040\delta(t-60)+0.993\delta(t-80)+0.986\delta(t-100)+0.990\delta(t-120)+\dots \quad (8)$$



第4図 サンプリング周期のステップ応答に与える影響

第4図のステップ応答のグラフからサンプリング周期5秒, 10秒, 20秒それぞれについて overshoot を求めると、それぞれ33%、21%、10%となる。自動車が車速零から発進し、設定速度を100km/時としたときの overshoot の大きさはそれぞれ33km/時、21km/時、10km/時となる。

100km/時の設定に対して33km/時、21km/時の overshoot はドライバに不安感をあたえるのでこのましくない。しかし、設定速度に近いところまで増速しておいて自動定速走行装置に切りかえるならば、overshoot も大きくなる。たとえば60km/時で走行中に100km/時に設定速度を変えた場合には、overshoot は13km/時 ($T_s=5.0$ 秒)、8 km/時 ($T_s=10$ 秒)、4 km/時 ($T_s=20$ 秒) の程度にとどまる。overshoot だけについて考えるならばサンプリング周期の長い方がよいが、定常状態に達するまでに多くの時間を要するとともに外乱に対する応答がおくれ、適切な制御を行うことが困難になってくる。

3.2 ゲイン定数とステップ応答の関係

ゲイン定数の大きさがステップ応答に与える影響について計算する。サンプリング周期は10秒一定とし、ゲイン定数0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 2.0についてステップ応答を求める。

$$K_1 \cdot K_2 = 0.5$$

$$C^*(t) = 0.3160\delta(t-10) + 0.6484\delta(t-20) + 0.8818\delta(t-30) + 1.005\delta(t-40) + 1.0489\delta(t-50) + 1.0496\delta(t-60) + \dots \quad (9)$$

$$K_1 \cdot K_2 = 0.8$$

$$C^*(t) = 0.5056\delta(t-10) + 0.9416\delta(t-20) + 1.1315\delta(t-30) + 1.1349\delta(t-40) + 1.0679\delta(t-50) + 1.0089\delta(t-60) + \dots \quad (10)$$

$$K_1 \cdot K_2 = 1.0$$

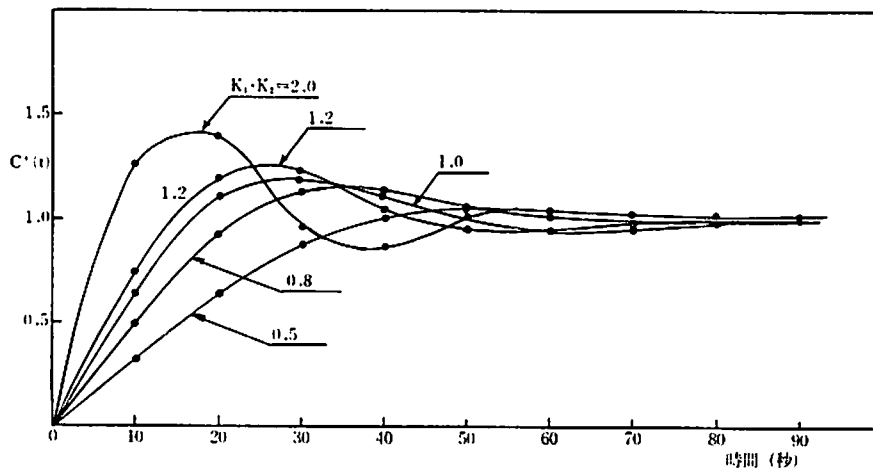
$$C^*(t) = 0.6320\delta(t-10) + 1.0972\delta(t-20) + 1.2070\delta(t-30) + 1.1167\delta(t-40) + 1.0099\delta(t-50) + 0.9646\delta(t-60) + \dots \quad (11)$$

$$K_1 \cdot K_2 = 1.2$$

$$C^*(t) = 0.7584\delta(t-10) + 1.2207\delta(t-20) + 1.2234\delta(t-30) + 1.0559\delta(t-40) + 0.9528\delta(t-50) + 0.9516\delta(t-60) + \dots \quad (12)$$

$$K_1 \cdot K_2 = 2.0$$

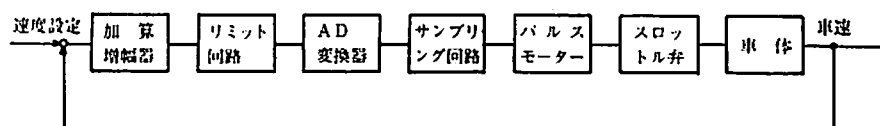
$$C^*(t) = 1.264\delta(t-10) + 1.3955\delta(t-20) + 0.9440\delta(t-30) + 0.8487\delta(t-40) + 1.0049\delta(t-50) + 1.0562\delta(t-60) + \dots \quad (13)$$



第5図 ゲイン定数のステップ応答にあたる影響

(9), (10), (11), (12), (13)式をグラフにすると第5図がえられる。この図でみられるようにゲインを大きくすると over shoot が大きくなり、ゲインを小さくすると over shoot は少くなるが応答速度はおそくなる。K₁・K₂の値が1.0のときの応答がのぞましい形であるが、K₁・K₂は自動車にかかる負荷によって変動するため、その大きさをつねに1.0に保つことは困難である。

4. サンプリング式制御装置の機構



第6図 サンプリング式速度制装置機構のブロック線図

入力信号（車速設定）と車速に比例した電圧を加算増幅器に入力する。偏差電圧が存在するときはその偏差電圧はリミッタ回路を通りAD変換器に入り、偏差電圧に比例した周波数のパルスに変換される。この装置のAD変換器の変換率は約70Hz/Vになっている。ここで発生したパルス周波数がパルスモーターの応答周波数をこえるとパルスモーターが誤動作をするため、高い周波数のパルスが発生しないようにしなければならない。そのためリミッター回路を用いて偏差電圧の大きすぎる部分は遮断されるようになっている。

AD変換器は偏差電圧がプラスかマイナスによって増速用のパルスと減速用のパルスを発振する。増速用パルスと減速用パルスはともにサンプリング回路をへてパルスモーターに加えられる。パルスモーターの回転によってスロットル弁が開閉される、その回転角は偏差電圧に比例している。このスロットル弁の開閉によって自動車の速度修正が行われるが、つぎのサンプル値が入ってくるまでに速度の修正が完了していなければ、まだ偏差電圧が存在しているから、残っている偏差電圧に比例した速度修正が引きつづいて行われる。サンプリング回路は偏差電圧がある値をこえると、回路を閉じてサンプリングパルスを発生し、速度修正動作をただちに行う。

上にのべたように偏差量に比例した修正動作をしているということは、われわれが自動車を運転するときにおける速度修正動作に似かよったところがあるように思われる。

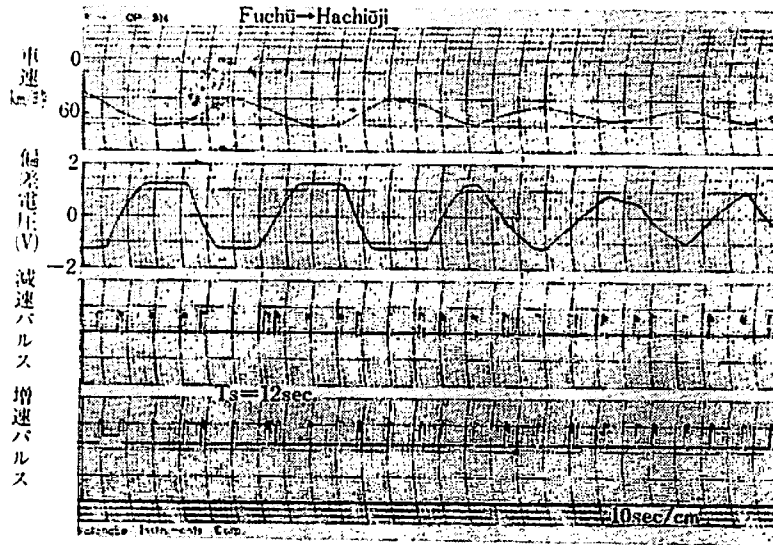
4. 走行特性

第7図～第11図は中央高速道路、府中一八王寺間において自動定速走行の特性を記録したものである。上より車速km/時、偏差電圧、減速信号パルス、増速信号パルスを表わす。図中の T_s はサンプリング周期であって第9、10図はサンプリング周期 T_s を変化させたときの走行特性を記録している。

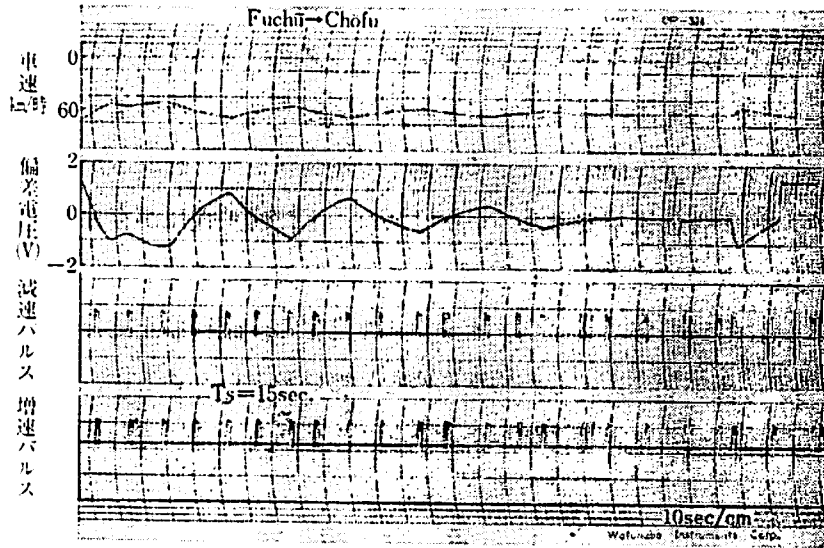
本実験に使用した自動車（トヨタ、クラウン）の平地走行時の時定数 T_s は約10秒であった。

あ と が き

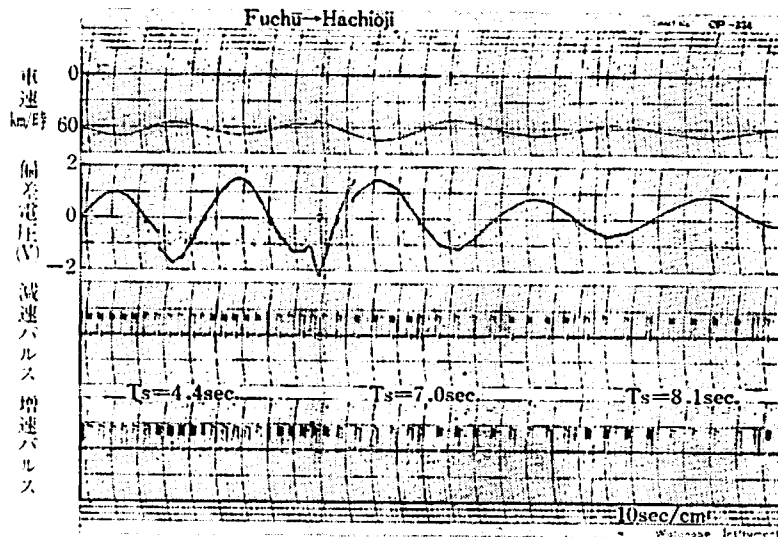
これまで試作研究を行ってきたリレー式制御装置、連続制御装置においては、スロットル弁開度に比例した信号、車速に比例した信号の2回路のフィードバック方式を採用してきたが、今回試作したサンプリング方式においては、車速信号のみの1回路フィードバック方式を採用している。



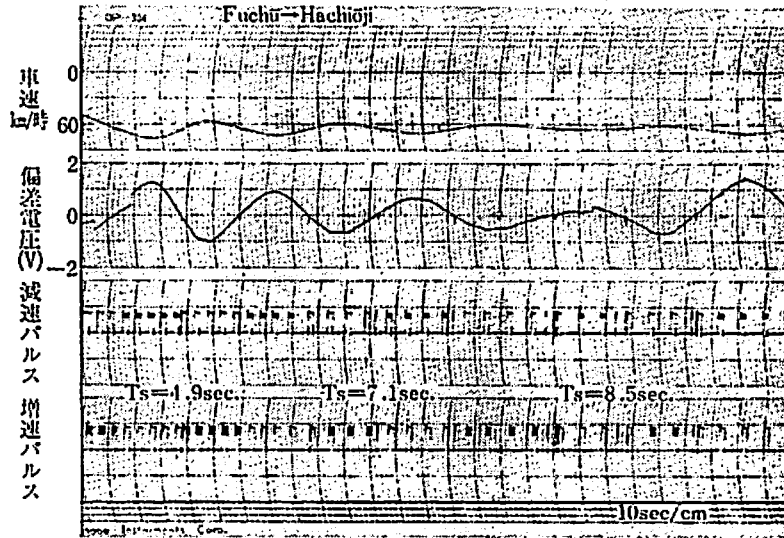
第7図 中央高速自動車道路 府中インター→八王子インター



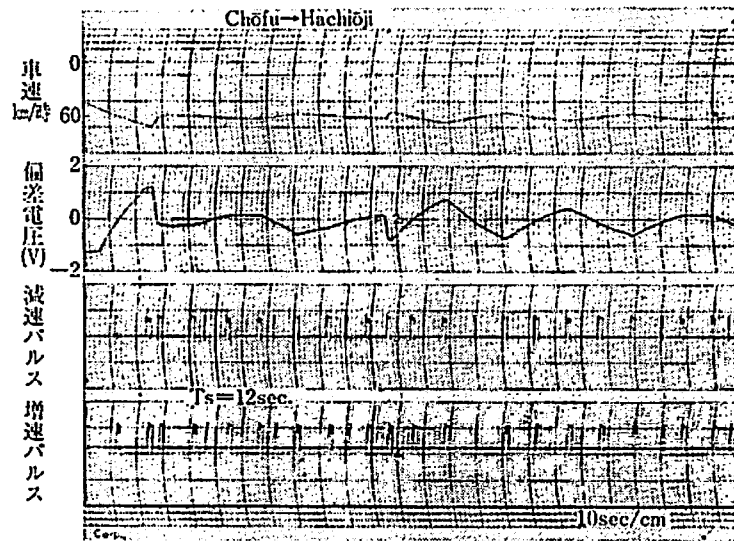
第8図 中央自動車高速道路 府中インター→調布インター



第9図 中央自動車高速道路 府中インター→八王子インター



第10図 中央高速自動車道路 府中インター→八王子インター



第11図 中央高速自動車道路 府中インター→八王子インター

スロットル弁開度は、上り坂、下り坂、重量の変化などによる負荷変動のためフィードバック量が変化し、そのため残留偏差を生ずることになる。しかし今回試作したサンプリング式制御装置においては車速信号のフィードバック回路しか存在しないため、負荷の変動による残留偏差は発生しない。試作した装置は、種々の走行特性を得るためパルスモータを使用しているが、特殊なリレー回路を用いることによってパルスモータを用いた制御装置と同じような特性を持つ制御装置を作ることができる。

自動車の加速、減速時における時定数は車種によりかなり異なるものであるから、対称とする自動車については、その時定数を実測しておく必要がある。サンプリング制御は、制御対称に大きいおくれがあったり、時定数の値が大きいときに有効なはたらきをする。サンプリング制御においては良い制御特性をうるためには制御対称の時定数とサンプリング周期をできるだけ近づける

16 昭 (57. 3) 自動車のサンプリング式自動定速走行装置の試作研究

ことがのぞましいのであるが、実測した走行特性にもこの結果がよくあらわれている。

終りに本研究にあたり数々の御助言をいただいた武田晋一郎教授、中央自動車高速道路上における走行実験において御協力をいただいた秋山喬二氏にお礼申し上げます。