

3N-2

周期的プロンプト(メトロノーム信号)に対する  
スイッチ押下特性について

木村 清

尚絅女学院短期大学

1. はじめに

スイッチなどの押下入力要求信号(単発のプロンプト信号)に対して被験者がスイッチを押すまでの、いわゆる反応時間については古くから調べられている。ところで近年、電子楽器の普及にともない、楽器の一部にスイッチが多用されるようになってきた。楽器演奏の場合、人間はあらかじめスイッチを押すタイミング(拍点)と、実際に楽器から音が出るまでの遅延時間を充分知った上でスイッチ押下の動作をしていると考えられる。本研究はこのような条件の最も基礎的な場合として、一定周期でスイッチ入力が要求される、すなわち、周期的プロンプト(以下プロンプト信号とも言う)が与えられた状況下での、人間の動作特性を調べ、プロンプト信号の形態と人間との相性を探ろうという主旨で行っているものである。最終的にはこれらの知見を、計算機音楽や計算機支援の楽器演奏訓練システムへと応用することを考えている。

2. 実験装置

被験者に対し、一定周期の信号(プロンプト信号)を発生し、その信号に対するスイッチ入力のタイミングを1回ごとに測定するシステムを製作した。

図1にプロンプト信号とスイッチ入力のタイミング図を示す。

プロンプト信号の発生と、スイッチ入力のタイミングの測定は1台のパソコンで行なっている。プロンプト信号として、CRT上を移動するパターン(後述のグラフィックプロンプト)をも用いる関係上、ディスプレイ用のVSYNC割り込みを利用している。また、VSYNC割り込みのn分周毎に外部回路へ周期パルスを出し、プロンプト信号発生用のLEDや圧電ブザーをコントロールしている。周期(T)の設定の分解能は177msec(56.42Hz)である。

一方、ここで測定するタイミングとは、プロンプト信号が発せられた時点(拍点①)と被験者のスイッチ入力時点とのずれ( $t_1$ )である。この場合、被験者は次のタイミングを予測してスイッチ押下動作に入る

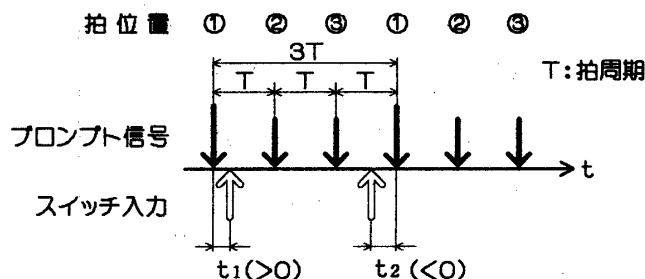


図1 プロンプト信号とスイッチ入力の  
タイミング(3拍子系)

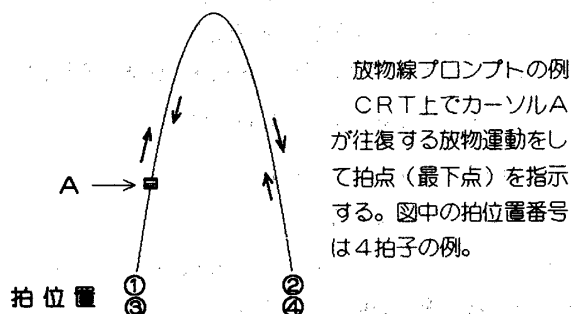


図2 グラフィックプロンプト

ことがあるため、信号が実際に発せられる以前にスイッチを押すこともある(図1中 $t_2$ の場合)。従ってスイッチ入力のタイミングは信号発行時点を中心に正と負にカウントするようにした。測定の分解能は1/300secである。

3. グラフィックプロンプト

一般の電子式メトロノームでは、プロンプト信号はLEDやブザー音である。ここでは新たなプロンプトとして、CRT上を動くカーソルをプロンプト信号とみなし、これをグラフィックプロンプトと呼ぶ。これらは放物線、正弦波、直線の軌跡上を動くものである。図2に放物線プロンプトの例を示した。

表1. 実験に用いた因子

因子	水準	
	1	2
プロンプト種類	LED	グラフィクス (放物線)
補助音	あり	なし
応答音	あり	なし
スイッチ	キースイッチ	タクトスイッチ

#### 4. 実験条件

上記実験系で設定できる実験条件は以下の種々のパラメータを組み合わせたものである。

##### ○プロンプト信号の種類

- 音（圧電ブザー、市販の電子メトロノーム）、
- LEDの点灯（1個または複数個）
- グラフィックプロンプト（放物線、直線、正弦波）
- CRT上の固定パターンの色変化

##### ○拍周期（177msec単位で可変）

##### ○拍子（1、3、4拍子）

##### ○LED、ブザーのON時間（1/300sec単位で可変）

##### ○ブザー音位置（頭拍のみ、全拍）

一方、スイッチ応答のフィードバック信号にはLEDとブザー音を用い、遅延時間、オン時間を1/300sec単位で設定できるようになっている。

#### 5. 実験例と結果

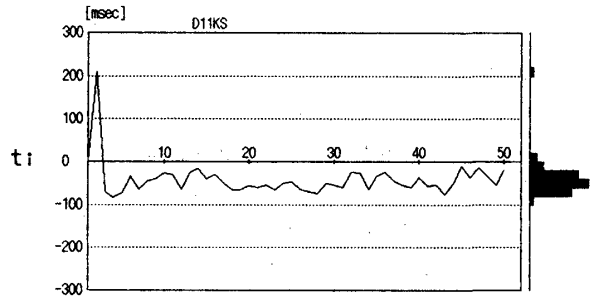
前述の多くのパラメータをすべて取り上げて実験するのは容易ではなく、また、被験者の学習効果も影響するため、実験計画法により測定の回数と時間を極力短くするようにした。

以下に実験の一例を挙げる。

この実験でのプロンプト信号は1拍子であり、被験者は、LED、CRT上のグラフィクスあるいは音で示される拍点（周期T）に合わせて、1拍ごとにスイッチを押す。このときの拍点とスイッチ入力の時間差（ $t_i$ ）を計測した。

この実験では4因子2水準で条件を変えて測定した。因子・水準を表1に示す。

50回のサンプリングの結果の一例を図3に示す。



グラフは、ある被験者に対する実験で、表1における全ての因子水準が1の場合の結果をあらわしたものの、右側にずれ（ $t_i$ ）のヒストグラムを示す。

図3 プロンプト信号に対する  
スイッチ押下点のずれ

異常値を除いた全 $t_i$ の平均値と標準偏差を評価指数として有意差をチェックした。

この実験では、信号種類の因子、スイッチタイプの因子間に高度な有意差を示す被験者がいた。これはタクトスイッチのタクト感がテンポ（リズム）を把握するのを阻害するからであろう。

#### 5. まとめ

種々の周期的プロンプトを発生させ、被験者のスイッチ入力のタイミングを測定する装置を製作した。キースイッチとタクトスイッチを用いた実験から、タクト感触がテンポ感を阻害することを示唆する結果が得られた。また、プロンプトとして音を加えると、被験者が実際のプロンプト発生時点よりも先にスイッチ入力をする（ $t_i$ が有意に負となる）傾向があることがわかった。

一方、種々のプロンプトに対する人間の感覚との親和性の度合は、主観的な印象ほどには数値（ずれの全点平均値、標準偏差）に現れていないこともわかり、今後の課題となっている。