

Foreperiod が単純・弁別・選択反応時間に 及ぼす影響

川 間 健之介

Foreperiod (FP) が影響を及ぼすプロセスは運動調整プロセスだけであるのか、それとも他のプロセスにも影響を及ぼすのであろうか。本研究ではこの点を検討するために、FP が反応時間 (RT) に及ぼす影響が、単純、弁別、選択の三種の反応条件において、常に同じか否かを検討した。その結果、9条件中7条件では、モデルから予想される RT を得、FP が運動調整プロセスのみに影響を及ぼしていると考えられた。しかし、1系列中の FP の範囲が小さい場合、モデルから予想される RT よりも弁別反応の RT は長く、選択反応の RT は短くなっていた。そして、モデルからの予想と異なる結果について考察を行ったが、本研究のモデルのような additive factor logic に基づく linear stage model だけでは結果を十分説明できず、multiple resource model 等を用いて解釈を行った。

キー・ワード：foreperiod 反応時間 additive factor logic linear stage model.

I. 問題

運動発現のメカニズムの解明のために反応時間 (RT) を測定した研究が数多く行なわれている。それらの研究では様々な実験変数が RT に及ぼす影響を検討し、刺激提示から反応生起までの処理過程を推測している。

ところで、RT に影響を及ぼす条件の1つに予告刺激の有無がある。一般に、予告刺激がある方がない場合よりも RT は短縮する。また、予告刺激から反応刺激までの時間間隔を foreperiod (FP) と言い、これについての研究も多くなされている。そこでは、FP が1試行ごとに変動する条件よりも一定である条件の方が RT は短い (Näätänen, Muranen, and Merisalo, 1974³⁾)。FP が一定の場合、FP が長いと RT は長くなり、短いと RT も短くなる (Teichiner, 1954¹⁰⁾; Klemmer, 1956⁴⁾)。FP が一定でない場合は、1系列中の FP の範囲が大きくなる程

RT は長くなり (Elliot, 1973²⁾)、FP が最も短いときに RT が最も長い (Creamer, 1963¹⁾; Klemmer, 1956⁴⁾)、等の結果が得られている。一般的には、RT が最も短くなる FP は1~4秒程度と言われている。このような FP による RT の変動は、FP の長さを予想することによって、反応を準備し、タイミングを合わせることができるため (Niemi, 1957⁷⁾; Nickerson, 1967⁶⁾) と考えられている。すなわち、FP が短すぎると反応の準備が十分行えず RT は遅延し、FP が長すぎると反応の構えを維持することができなくなるため RT は遅延する。

FP が RT に及ぼす影響が、運動反応プロセスのいずれの段階で生じているかを図示すると Fig. 1 のようになる。人の運動反応プロセスを分けると、入力プロセス、高次の認知処理プロセス、運動出力プロセスが連続的に処理を行っており、このうち FP が影響を及ぼすのは、主に運動出力プロセスである。すなわちここで反応の準備が行なわれる (Sanders, 1983⁸⁾)。こ

の運動出力プロセスも additive factor logic (Sternberg, 1969⁹⁾) を用いた研究によると反応選択、運動プログラミング、運動調整の3つの下位プロセスが推測されている。このなかでは主に運動調整プロセスが反応の準備に関連しており、FPの影響を受けると言われている。

この様に、FPは運動調整プロセスの処理に影響すると考えられているが、他のプロセスの処理とは無関係にFPはRTに影響するのであろうか。もし、FPが運動プロセスのみに影響を及ぼすのであれば、他のプロセスでどのような処理が行なわれようとも、RTには常に一定の影響を及ぼすと考えられる、しかし、運動調整プロセス以外のプロセスに影響を及ぼしたり、他のプロセスと相互作用を持っているならば、FPがRTに及ぼす影響は常に一定とは限らない。

本研究では、上記の点を検討するために、FPがRTに及ぼす影響が、単純、弁別、選択の三種の反応条件において、常に同じか否かを検討する。FP条件は、系列中のFPの範囲によって(FPの長短も含む)条件を設定する。ここでは、FPの範囲が小さい程、RTが短いことが予想できる。一方、反応条件については、Fig. 1に基づき、①単純反応条件：認知処理プロセスと反応選択プロセスの処理を共に必要としない、②弁別反応条件：認知処理は必要であるが、反応選択は行なわない、③選択反応条件：認知処理、反応選択も共に必要、と考え条件を設定する。そして、RTは各プロセスの関与の程度によって単純・弁別・選択の順で長くなることが予想できる。

II. 方法

1. 実験条件：反応条件3(単純・弁別・選択)×FP条件3(大・中・小)の2要因乱塊配

置である。単純反応では、被験者は「用意」という口頭予告の後の光刺激に対してできる限り速く肘関節屈曲運動を行なう。弁別反応では、ランダムに提示される2種類の光刺激(赤・黄)のうち予め反応するように指示された刺激に対してのみ肘関節屈曲運動を行なう(もう一方の刺激に対しては反応を行なわない)。選択反応は、2種類の光刺激のそれぞれに対し、定められた様に一方には肘関節屈曲運動をもう一方には前腕回外運動を行う。このとき測定するのは肘関節屈曲運動だけである。一方、FP条件は、口頭予告から光刺激までの時間(FP)について、小(2~3 s, $\bar{x}=2.5s$)、中(2~8 s, $\bar{x}=5.0s$)、大(2~20s, $\bar{x}=10.5s$)とし、その範囲内でランダムにFPを変化させた。

2. 装置：刺激にはキセノンランプ(反応測定器II型：竹井機器)を用いた。RTの測定には、デジタイマー(TV-7010：竹井機器)を用いた。

3. 手続き：被験者は椅子に座り、眼前90cmの光刺激提示部を見、前腕を肘掛けの上に置き、肩関節0°、肘関節90°屈曲、前腕やや回内位に保った。数試行練習を行なった後に測定を行なう。9条件の測定順序は被験者ごとに変えた。測定数は1条件16試行、計144試行である。

4. 被験者：大学生17名、全員右利き。

III. 結果

各条件16試行のうち、最も短い値、最も長い値それぞれ2試行は分析から除外し、残り12試行のRTの平均を個人の代表値とした。Fig. 2に各条件の平均RTを示す。

反応条件×FP条件の分散分析を行なったところ、反応条件($F(2, 32)=120.4, p<.01$)とFP条件($F(2, 32)=49.8, p<.01$)の主効果がそれぞれ有意であった。そこで、Ryan

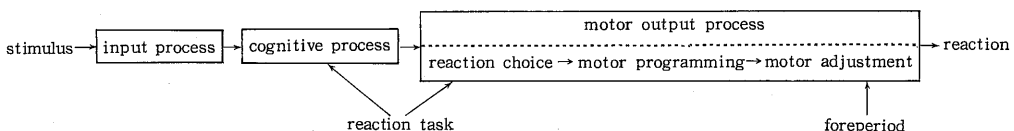


Fig. 1 Motor reaction process (linear stage model)

法で多重比較を行なうと、反応条件については、単純-弁別($t=11.1$, $df=32$)、単純-選択($t=14.9$, $df=32$)、弁別-選択($t=3.9$, $df=32$)でいずれも1%水準で有意差があり、FP条件でも小-中($t=5.2$, $df=32$)、小-大($t=10.0$, $df=32$)、中-大($t=4.8$, $df=32$)でいずれも1%水準で有意差があった。これらの結果は、RTが単純・弁別・選択反応の順で長くなっており、またFP小・中・大の順で長くなっていることを示している。

反応条件×FP条件の交互作用を見てみると、これも有意であった($F(4, 64)=3.05$, $p<.05$)。そこで、単純主効果について検定を行なったところ、反応条件については、FP小($F(2, 96)=63.0$, $p<.01$)、FP中($F(2, 96)=79.7$, $p<.01$)、FP大($F(2, 96)=92.1$, $p<.01$)のいずれかの条件でも有意であった。FP条件についても、単純反応($F(2, 96)=12.8$,

$p<.01$)、弁別反応($F(2, 96)=13.8$, $p<.01$)、選択反応($F(2, 96)=39.8$, $p<.01$)のいずれの条件でも有意であった。さらに、Ryan法を用いて各条件間を比較したところ、ほとんどの条件間に有意差があったが、FP小条件における弁別条件と選択条件間、弁別条件におけるFP小条件間には有意差がなかった。この結果、すなわち交互作用が有意であったことは、FPが運動調整プロセスだけに影響を及ぼしているのではないという可能性を示している。

FP条件の各反応条件での効果は、単純反応のFP小-中28ms、中-大25ms、弁別反応のFP小-中21ms、中-大33ms、選択反応のFP小-中55ms、中-大37msであった。この中で、弁別反応FP小-中がFPによるRTの差が最も小さく、選択反応FP小-中のFPによるRTの差が最も大きい。この様に見てくると、FPの影響といってもFP中大とFP小では特に弁別反応と選択反応条件に及ぼす影響が異なっているように思われる。

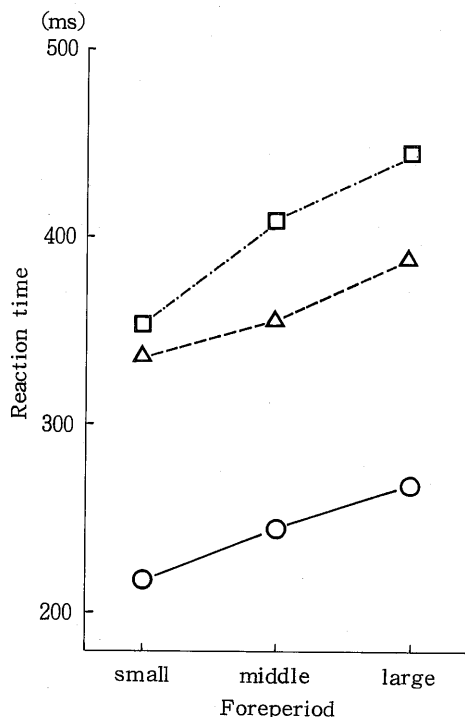


Fig. 2 Actual mean reaction time
 ○ ——— ○ : simple reaction time
 △ - - - - △ : selective reaction time
 □ - - - - □ : choice reaction time

IV. 考 察

本実験の結果は、予想されたように、運動反応プロセス中の各プロセスの関与の程度に従って、RTが単純反応<弁別反応<選択反応の順で長くなっており、またElliot (1973²⁾)が示したようにFPの範囲が大きくなるにつれてRTも長くなっている。つまり、Fig. 1に示したような反応プロセスから考えられる結果が得られたと言えよう。すなわち、FPは運動調整プロセスのみに影響を及ぼし、運動調整プロセスの処理は、認知処理プロセスや反応選択プロセスの影響を受けず、独立して行なわれていると考えられる。しかし、より詳細に結果を見てみると、弁別反応のFP小条件のRTはFig. 1のモデルから予想されるよりやや長く、選択反応のFP小のRTはやや短くなっている。すなわちFP小条件では、Fig. 1のモデルのような処理が行なわれていない可能性がある。

Fig. 3は、Fig. 1のモデルによる処理が9条件全てで成立した場合のRTの値を示してあ

る。まず、選択反応の RT について考える。FP 中・大の RT からすると FP 小の RT は、①になると思われる。この時、実際の RT は①より短いので、反応が促進されたと言える。逆に、FP 小の RT が Fig. 1 のモデルの処理を行なった結果であるとする、FP 中・大の予想される RT はそれぞれ②、③になる。この場合は、FP 中・大の実際の値は②、③より長いので、反応が抑制されたと言えよう。この様に選択反応の RT について、FP 小で反応が促進された、FP 中・大で反応が抑制されたの 2 つの解釈が可能であるが、後者の解釈の方が論理的に矛盾が少ないと思われる。それでは、なぜ FP 中・大の反応が抑制されたのであろうか。運動調整プロセスは、反応を準備し、刺激にタイミングを合わせる処理を行なうものである。したがって、このプロセスの処理終了は Fig. 1 に示した通りであるが、その開始は予告刺激提示後であり、Fig. 1 の刺激提示後ではない。そして、FP が長いと反応準備状態を維持しにくくなるために RT が遅延するのである。この時、選択反応条件では、単純・弁別反応条件とは異なり、行なうべき反応が 2 つあるため、運動調整プロセスでは 2 つの反応を準備し維持する必要が生じる。FP が短ければこれが可能であるが、FP が長くなると運動調整プロセスの負担は単純や弁別反応条件の場合よりかなり大きくなる。このため、選択反応の FP 中・大条件の RT は②、③より長くなったと考えられる。この解釈をより明確にするためには、選択肢数を 2 つではなく、さらに増やして FP の RT に及ぼす影響を検討してみる必要がある。運動調整プロセスで準備できない程の選択肢数になれば、FP の RT に及ぼす影響は少なくなるはずである。

次に弁別反応条件の RT について考える。FP 中・大の FP から予想される FP 小の RT は④であり、実際の RT より短い。したがって、FP 小の反応は抑制されたということになる。しかし、実際の RT は FP 中よりは短いのであるから、抑制されたというより促進されたものの効果的ではなかったと言えよう。現時点で、この

結果の解釈は Fig. 1 のような additive factor logic (Sternberg, 1969⁹⁾) に基づいた Linear stage model で考えるのは困難であろう。おそらく Kahneman (1973³⁾) の capacity model を発展させた各サブプロセスごとに資源配分がなされるとした multipul resource model や cognitive energetical model (Sanders, 1983⁸⁾) で考えなくてはならない。そのように考えるとこの結果は次のように考えられる。弁別反応条件では、go or not の判断が認知処理プロセスに求められる。この処理、もしくはこの処理の準備にはかなりの資源が必要となる。この様な状態では、特に FP が短い場合、運動調整プロセスには資源配分が適当になされない。しかし、FP が長くなると、認知処理、運動調整の両プロセスに適当な資源配分がなされる。したがって、弁別反応の FP 中・大条件の運動調整プロセス

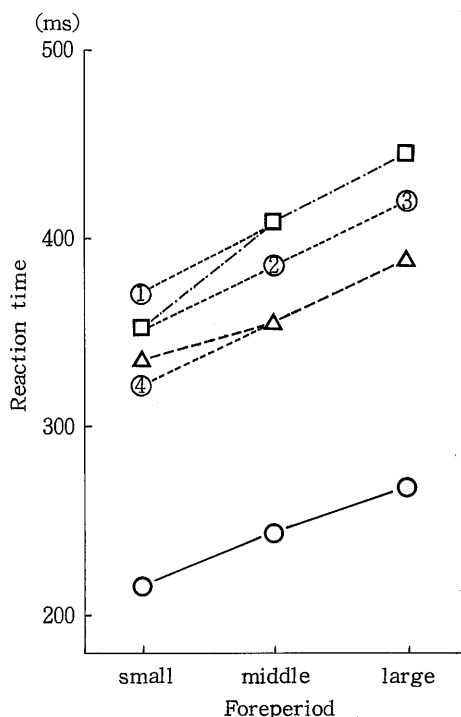


Fig. 3 Estimated reaction time

- ——— ○ : simple reaction time
- △ - - - - - △ : selective reaction time
- - · - · - □ : cholicse reaction time
- ① ——— ② : estimated reaction time

の処理は単純反応と同様に行なわれるが、FP小の場合、他と同様に処理が行えず、その効率が低下し、Fig. 1 から予想されるより RT が長くなったと考えられる。

最後に、本実験で用いた FP 条件には、FP の範囲と FP の長短の 2 つの要因が混在していた。そのため、2 要因が交互作用を持ち、弁別・選択反応の FP の効果が単純反応と異なるものになった可能性がある。今後、この点は検討を要する。

文 献

- 1) Creamer, L. Event uncertainty, psychological refractory period, and human data processing. *J. Exp. Psychol.*, 1963, 66, 187-194.
- 2) Elliot, R. Some confounding factors in the study of preparatory set in reaction time. *Memo. & Cogni.*, 1973, 1, 13-18.
- 3) Kahneman, D. *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- 4) Klemmer, E. T. Time uncertainty in simple reaction time. *J. Exp. Psychol.*, 1956, 51, 179-184.
- 5) Näätänen, R., Muraenen, V., and Merisalo, A. Timing of expectancy peak in simple reaction time situation. *Acta Psychologica*, 1974, 38, 461-470.
- 6) Nickerson, R. S. Expectancy, waiting time and the Psychological refractory period. *Acta psychologica*, 1967, 27, 23-3.
- 7) Niemi, P. and Näätänen, R. Foreperiod and simple reaction time. *Psychol. Bulle.*, 1981, 89(1), 133-162.
- 8) Sanders, A. F. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 1983, 53, 61-97.
- 9) Sternberg, S. On the discovery of processing stage: some extension of Donders' method. *Acta Psychologica*, 1969, 30, 276-315.
- 10) Teichner, W. H. Recent studies of simple reaction time. *Psychol. Bulle.*, 1954, 51, 128-149.

Effects of Foreperiod on Simple, Selective, and Choice Reaction Time

Kennosuke KAWAMA

Most of the studies about the motor reaction process assume that the motor reaction process consists of the input, cognitive, and motor output process. In the motor output process, there are three subprocesses ; reaction choice, motor programming, and motor adjustment according to linear stage model using the additive factor logic. Some studies suggested that the reason of shortening reaction time (RT) by foreperiod was the influence of foreperiod on the motor adjustment process. The present study is to examine whether foreperiod influences the only motor adjustment process or other process. For this purpose, effects of two experimental variables : reaction task (simple, selective, and choice) and foreperiod (small, middle, and large), on RT were investigated in 17 subjects with right preferred hand. It is assumed that simple reaction did not require both of cognitive and reaction choice processing, selective reaction required cognitive processing and choice reaction necessitated both processing. The foreperiod consists of three conditions : small (2-3s), middle (2-8s), and large (2-20s). Analysis of variance indicated that both main effects of reaction task and foreperiod were significant, and also interaction was significant. This interaction was the discrepancy of actual RT and estimated RT from linear stage model in the small foreperiod condition. This result suggested that in the small range of foreperiod (2-3s) it does not influence the only motor adjustment process, and influence another process. It was discussed that this result was not explained by linear stage model based on the additive factor logic, and would be explained by multiple resource model or cognitive energetical model.

Key Words : foreperiod, reaction time, additive factor logic, linear stage model