

計算処理がネガティブ・プライミングに及ぼす効果と 実行系機能の果たす役割

小 林 由 紀*

The Relation between Negative Priming and Calculation and the Role of Executive Functions

Yuki KOBAYASHI

要 旨

数式または数字を刺激として用いたネガティブ・プライミング実験において、プライム・プローブの性質によってネガティブ・プライミングの効果が異なるかどうかを検討した。更に、抑制能力、課題切り替え能力といった実行系機能とネガティブ・プライミングとの関係も合わせて検討した。各被験者は、プライミング課題、抑制能力を測定するストップシグナルタスク、課題切り替え能力を測定するナンバーレタータスクを行った。その結果、数字をプローブとして用いた場合は、プライムが数式であってもネガティブ・プライミングが見られた。一方、数式をプローブとして用いた場合は、プライムが数字であってもネガティブ・プライミングが見られなかった。これらの結果から、無視している数式に対しても何らかの計算を行っているために、ネガティブ・プライミングが生じること、プローブに対する計算処理を行うことでネガティブ・プライミングが消失することが示唆された。しかし、プライミング量と抑制能力、課題切り替え能力との関係については、明確な知見は得られなかった。

キーワード：ネガティブ・プライミング，計算処理，抑制能力，課題切り替え能力

*助手 認知心理学

目 的

ネガティブ・プライミング

ネガティブ・プライミングとは、ディストラクタとターゲットが同時提示され、ディストラクタの無視とターゲットへの反応が課されるような試行を、連続的に行う際にみられる現象である。連続する2試行において、先行する試行（プライム）のディストラクタが後続する試行（プローブ）のターゲットと一致する場合に、両試行の刺激が無関連の（プライムの刺激とディストラクタの刺激が全く異なる）場合よりも、プローブの反応時間が長くなる。プライムのターゲットに対して、できるだけ速く反応するために、ディストラクタを抑制する。その後プローブにおいて前の試行のディストラクタがターゲットとして呈示された時に、まだ抑制がかかっているため、反応時間が遅くなるのだと考えられている（Neill, Valdes, & Terry, 1995; Tipper, MacQueen, & Brehaut, 1988）。

ネガティブ・プライミングは、プライムのディストラクタとプローブのターゲットが同一でなくても起こることがある。例えば、プライムのディストラクタとして犬の絵が呈示された時、プローブのターゲットとして猫の絵が呈示されると、ネガティブ・プライミングが生じる。犬と猫が意味ネットワークで強く結ばれているため、犬の表象が抑制されると自動的に猫の表象まで抑制されてしまうのだと考えられる（Logan, 1994）。

しかし、刺激として数式を用いた場合、プローブとプライムが同一でないとネガティブ・プライミングが起こらないことが示されている（Arbuthnott & Campbell, 2000）。例えば、図1のような刺激を用いた場合、プライムのディストラクタの式がプローブのターゲットの式と同一である場合はネガティブ・プライミングが起こるが、プライムのディストラクタの式の答えがプローブのターゲットの式の答えと同一であっても、式が異なった場合はネガティブ・プライミングが起こらないことが示された。つまり、ディストラクタとして無視された式に対して計算を行っていないことが考えられる。しかし、本来は無視された刺激に対しても計算を行っ

$$\begin{array}{r} 1 \\ 5 + 1 \\ 6 \end{array} \quad \begin{array}{r} 6 \\ 1 + 6 \\ 3 \end{array}$$

図1 ネガティブ・プライミングの刺激の例（Arbuthnott & Campbell, 2000）。
ターゲットの式の数字は赤，ディストラクタの式の数字は緑。

ているが、プローブの式に対して計算処理を行っているうちに、抑制の効果が弱くなってしまっていることが考えられる。そこで、本研究では数字刺激と数式刺激を両方用いて、ネガティブ・プライミングに対する計算の効果を検討する。

制御機能との関係

近年、前頭葉と認知的な制御能力との関係がさまざまな研究によって示されている。更に、人間のさまざまな認知的処理を司ると考えられている作動記憶の中心的なコンポーネントである中央実行系に関する研究が数多く行われているが、さまざまな制御機能、前頭葉との関連を示唆するものもある (Baddeley, 1996; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter, & Wager, 2000; 三宅と斉藤, 2001)。

そして、抑制機能は重要な制御能力の1つとして位置づけられている (Miyake *et al.*, 2000)。抑制的処理は、ネガティブ・プライミングのような知覚レベルのものから、運動制御のような運動レベルのものまであり、これらが全て同じ抑制機構によって処理されているかどうかはまだ分からない。しかし、現在のところ、抑制機能は何らかの「反応」を抑えるようなものであると広く考えられている。

また、スイッチング機能も重要な制御能力の1つであると位置づけられているが、最近抑制機能との関係も示唆されている。スイッチング能力と抑制能力は正の相関関係があることを示した研究、スイッチング処理に抑制処理も関連していることを示した研究もあり、抑制機能とスイッチング機能は密接な関係にあることが示唆される。そこで本研究では、ネガティブ・プライミングにおいて、抑制機能とスイッチング機能がどのような役割を果たしているかも検討する。

実験 1

方法

被験者：大学生 32 名。

刺激と手続き：実験は全てパーソナルコンピュータで制御され、刺激は CRT に呈示された。被験者はそれぞれ 3 種類の課題を行った。ネガティブ・プライミング量を測定するプライミング課題、各被験者の課題切り替え能力を測定するナンバーレタータスク、各被験者の抑制能力を測定するストップシグナルタスクである。ナンバーレタータスク、ストップシグナルタスクは、それぞれ前頭葉課題としてよく用いられている課題である (Miyake *et al.*, 2000)。

プライミング課題：Arbuthnott & Campbell (2000) に準じて、2つの足し算の数式を十字に組み合わせた（図1参照）刺激を呈示した。数式は $5 + 1$, $1 + 6$, $2 + 4$, $6 + 2$, $4 + 3$, $3 + 5$, $6 + 3$, $5 + 4$ （これらの式の答えは、6, 7, 8, 9のいずれかである）の8つであり、ターゲットの数式は赤、ディストラクタの数式は緑で表示した。被験者は、ターゲットの式の答えを、割り当てられたキーを押すことで回答した。

ネガティブ・プライミング条件では、プローブのターゲット式は、プライムのディストラクタ式と一致した。統制条件では、プローブのターゲット式は、プライムのターゲット式と答が異なり、かつ、プライムのディストラクタ式と異なる式であった。

ナンバーレタータスク：数字とアルファベットを左右に並べた刺激を呈示した。数字は1から9のうちのどれか1つ、アルファベットはG, K, M, R, A, U, I, Eの8つ（母音、子音が4つずつ）のいずれかであった。刺激は必ずCRT画面の4隅に呈示された。第1セッションでは、刺激は上半分（右上→左上→右上→……）に呈示され、数字に対する奇数・偶数判断を行った。第2セッションでは、刺激は下半分（右下→左下→右下→……）に呈示され、アルファベットに対する母音・子音判断を行った。第3セッションでは、刺激は右上→右下→左下→左上→右上→……と呈示され、上半分に来たら数字に対する判断、下半分に来たらアルファベットに対する判断を行った。第3セッションの平均の反応時間から、第1セッション・第2セッションの平均の反応時間を引いたものを課題切り替え能力として定義した。

ストップシグナルタスク：パソコンの画面に単語を1つ呈示し、その単語が生物か非生物かを被験者にできるだけ速く正確に判断させた。呈示される単語は、生物12個（例：ウサギ、たぬき等）、非生物12個（例：テレビ、めがね等）であった。第1セッションでは、呈示される単語が生物か非生物かをできるだけ速く正確に判断させた。第2セッションでは、全体の1/4の試行で、単語呈示後300 ms後に純音が呈示された。純音が呈示された試行では、判断を中止することが求められた。しかし、純音が呈示されない試行では第1セッションと同様に、できるだけ速く正確に判断することが求められた。第2セッションにおいて、判断を中止できた割合を、被験者の抑制能力として定義した。

結果と考察

プライム、プローブの両方が正反応であったセットのプローブの反応時間の平均値を算出した。

ネガティブ・プライミング：ネガティブ・プライミング条件と統制条件の平均反応時間は、図2のとおりであった。ネガティブ・プライミング条件のほうが、統制条件よりも平均反応時

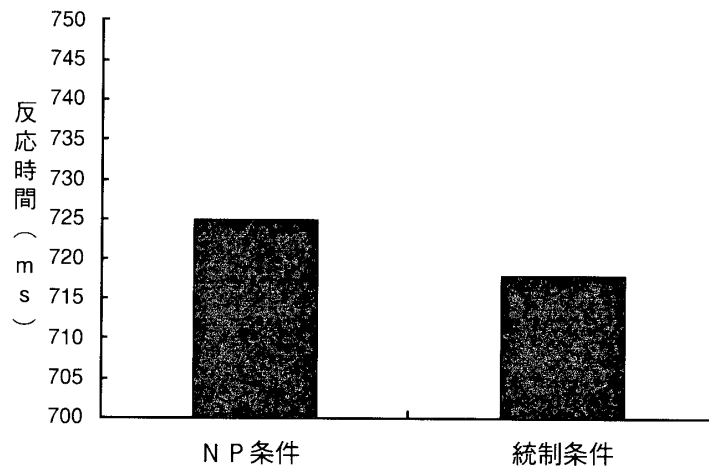


図2 実験1 プライミング課題の反応時間

間が長く、 t 検定の結果、有意傾向がみられた ($t(31) = 1.55$; $p < .15$)。誤反応率とのトレードオフは見られなかった。各被験者について、ネガティブ・プライミング条件の反応時間と統制条件の反応時間の差（ネガティブ・プライミング条件－統制条件）を算出した。この値は、その被験者の生起したネガティブ・プライミングの強度を表す指標として、ネガティブ・プライミング量と定義した。

ナンバーレタータスク・ストップシグナルタスクとネガティブ・プライミングとの関係：ナンバーレタータスクの反応時間については、各被験者の正反応試行の反応時間の中央値と誤反応率を算出した。その結果、第3セッション（切り替えあり条件）の反応時間が第1・第2セッション（切り替えなし条件）よりも長く、誤反応率も高かった。すなわち、速さと正確さのトレードオフは見られなかった。そこで、2条件の反応時間の差（切り替えなし条件－切り替えあり条件）を、その被験者の成績とした。

ストップシグナルタスクでは、第2セッションでストップ・シグナルが提示された試行のうち、判断を抑制できた試行の数の割合、ストップシグナルが呈示されなかった試行における反応時間と第1セッションにおける反応時間の差を算出した。その結果、判断を抑制できた割合と、反応時間との間にトレードオフは見られなかった。そこで、判断を抑えた割合を、その被験者の成績とした。

各被験者のネガティブ・プライミング量と、ナンバーレタータスクの成績、ストップシグナルタスクの成績との間に相関を取ったところ、ネガティブ・プライミング量とストップ・シグナルタスク成績、ナンバーレタータスク成績との間に見られた相関は、両方とも有意ではなかった（それぞれ $r = 0.18$, $p > .05$; $r = -0.14$, $p > .05$ ）。

本実験では、Arbuthnott & Campbell (2000) に反して、有意なネガティブ・プライミングは見られなかった。口頭で回答させた先行研究と異なり、本研究はキー押しで反応させたが、割り当てられたキーを覚え反応するのに被験者は手間取ったために、ネガティブ・プライミングの効果が弱くなったのかもしれない。

また、ネガティブ・プライミング量と、ナンバーレタータスク、ストップシグナルタスクの成績との間に有意な相関が見られなかった。特に、ストップシグナルタスクの成績との間に高い相関が見られなかったのは、先行研究と反するように思われる。なぜなら、両方とも広い意味での抑制的処理を反映する課題であると考えられているからだ。本実験で見られたネガティブ・プライミング量が小さかったことと、ストップシグナルタスクで見られる抑制と、ネガティブ・プライミング課題で見られる抑制は、やはり性質が異なる可能性があることが考えられる。

実 験 2

実験2では、プライムが数字でプローブが数式の条件、プライムが数式でプローブが数字の条件を設けた。

方法

被験者：大学生 24 名。全員実験1には参加していなかった。

刺激と手続き：

プライミング課題：2つの足し算の数式を十字に組み合わせたもの、もしくは2つの数字を左右に並べたものを呈示した（図3参照）。数式は $5 + 1$ 、 $4 + 3$ 、 $2 + 6$ 、 $5 + 4$ （これらの式の答えは、6、7、8、9のいずれかである）の4つであり、数字は6、7、8、9の4つであった。ターゲットの数式もしくは数字は赤、ディストラクタの数式は緑で表示した。被験者は、ター

a

$$\begin{array}{c} 2 \\ 4 + 3 \\ 6 \end{array}$$

b

$$8 \ 6$$

図3 実験2で用いた刺激。
ターゲットの数式あるいは数字は赤、ディストラクタの数式あるいは数字は緑。

ゲットの式の答え、もしくは数字を、割り当てられたキーを押すことで回答した。

ネガティブ・プライミング1条件では、プローブのターゲット式の答えがプライムのディストラクタ数字と一致した。それに対する統制1条件は、プローブのターゲット式の答えがプライムのターゲット数字およびディストラクタ数字のどちらでもなかった。ネガティブ・プライミング2条件では、プローブのターゲット数字がプライムのディストラクタ式の答えと一致した。それに対する統制2条件は、プローブのターゲット数字の答えがプライムのターゲット式およびディストラクタ式のどちらでもなかった。

ナンバーレタータスク：実験1に準じた。

ストップシグナルタスク：ストップシグナルの呈示時間を、単語呈示後 250 ms にした以外は、実験1に準じた。

結果と考察

ネガティブ・プライミング：プライミング課題の各条件の結果は図4のようになった。ネガティブ・プライミング1条件と統制1条件、ネガティブ・プライミング2条件と統制2条件の間でt検定を行ったところ、ネガティブ・プライミング2条件では有意なプライミング要因の効果が見られたが ($t(23) = 1.87, p < .05$)、NP1条件では有意差は見られなかった ($t(23) = -0.47, p > .1$)。すなわち、ネガティブ・プライミング2条件では有意なネガティブ・プライミングが見られたが、ネガティブ・プライミング1条件では有意なネガティブ・プライミングが見られなかった。

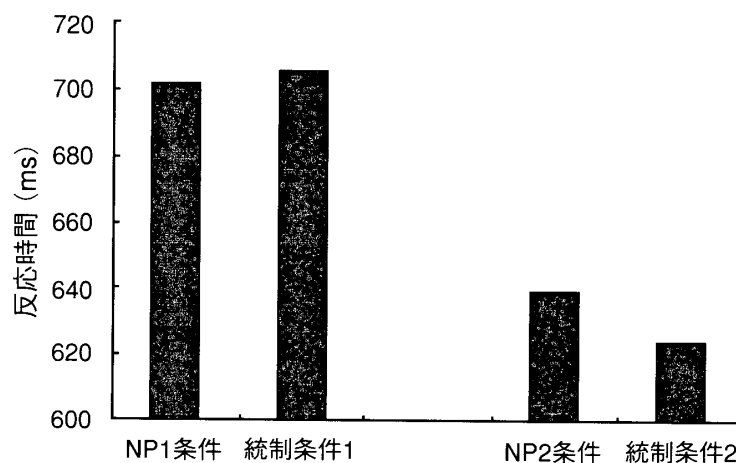


図4 実験2 プライミング課題の反応時間

ナンバーレタータスク・ストップシグナルタスクとネガティブ・プライミングとの関係：ナンバーレタータスクの成績とストップシグナルタスクの成績は、実験1と同じように算出した。その結果、第3セッション（切り替えあり条件）の反応時間が第1・第2セッション（切り替えなし条件）よりも長かったが、誤反応率には差がなかった。すなわち、速さと正確さのトレードオフは見られなかった。そこで、2条件の反応時間の差（切り替えなし条件－切り替えあり条件）を、その被験者の成績とした。

ストップシグナルタスクでは、第2セッションでストップ・シグナルが提示された試行のうち、判断を抑制できた試行の数の割合、ストップシグナルが呈示されなかった試行における反応時間と第1セッションにおける反応時間の差を算出した。その結果、判断を抑制できた割合と、反応時間との間にトレードオフは見られなかった。そこで、判断を抑えた割合を、その被験者の成績とした。

ネガティブ・プライミングは、ネガティブ・プライミング2条件だけで見られたので、ネガティブ・プライミング2条件のデータと、ナンバーレタータスクの成績、ストップシグナルタスクの成績との間に相関を取った。その結果、また、ネガティブ・プライミング量とナンバーレタータスクの成績の間には有意な相関が見られた（ $r=.48$, $p<.05$ ）が、ストップシグナルタスクの成績との間には有意な相関は見られなかった（ $r=-.22$, $p>.05$ ）。

ネガティブ・プライミング2条件で有意なネガティブ・プライミング効果が見られ、1条件では見られなかったが、プローブにおいて計算を行うことでプライミング効果が弱くなることが考えられる。また、ナンバーレタータスク・ストップシグナルタスクの成績とプライミング量との相関だが、実験1と全く傾向が異なっている。特に、ナンバーレタータスクの成績との間に高い相関が見られたことは、今までの研究では報告されていない。

全体的考察

実験2では、プローブが数字であるネガティブ・プライミング2条件だけで有意なネガティブ・プライミングが見られた。プローブに対して計算を行うと、ネガティブ・プライミングが弱くなるのかもしれない。また、この条件では無視すべきディストラクタは数式であるので、無視している数式に対して計算を行っていることになる。更に、ネガティブ・プライミング1条件では、ネガティブ・プライミングが見られなかったことから、プローブの数式に対する計算処理によってプライミング効果が弱くなったこと、プローブが数字である方が数式であるよりも抑制の効果が弱いことが考えられる。プローブ・プライムともに数式を用いた実験1にお

いては、弱いネガティブ・プライミング効果が見られた。実験1の結果と実験2の結果を合わせて考えると、プローブが数式であると、ネガティブ・プライミングが弱くなることが示唆される。つまり、数式に対して何らかの計算処理を行うことで、ネガティブ・プライミングの効果が弱くなることが考えられる。現に実験2では、プローブに対する計算処理を必要とする条件1の方が条件2よりも反応時間が全体的に長い。

また、プライムが数式の場合の方が数字であるよりも抑制の効果が強いことも示唆される。数式の処理の方が数字の処理よりも深い処理であるので、抑制の効果が強まるのかもしれない。しかし、ディストラクタの式に対して計算処理を行わないという先行研究もあるので (Arbuthnott & Campbell, 2000)、ディストラクタとして呈示された数式あるいは数字の効果については、検討の余地がある。

次にネガティブ・プライミングと抑制能力・課題切り替え能力との関係について考察する。抑制能力については、実験1・実験2とも有意な相関が見られなかった。ストップシグナルタスクで測定している抑制能力と、ネガティブ・プライミングで見られる抑制は性質が異なるのかもしれない。Miyake *et al.* (2000) によると、ストップシグナルタスクやストループ課題で見られる抑制は反応に対する意識的な抑制であり、ネガティブ・プライミングのような無意識的・自動的な抑制とは異なると考えられている。しかし、Conway (1999) は、作動記憶容量とネガティブ・プライミングの大きさとの間に正の相関が見られることを示した。すなわち、作動記憶とネガティブ・プライミングで見られる抑制には関係があることを示した。ネガティブ・プライミングが作動記憶による処理によって起こるのかどうかはまだ結論できないが、少なくともストップシグナルタスクのような反応抑制とは関係が弱いことが言えるだろう。課題切り替え能力とネガティブ・プライミングとの関係だが、実験2のように高い正の相関を示した先行研究は今のところない。単なるアーティファクトなのかどうか、今後追試を重ねる必要があるだろう。

引用文献

- Arbuthnott, K. D., & Campbell, J. D. 2000. Cognitive inhibition in selection and sequential retrieval. *Memory and Cognition*, **28**, pp. 331–340.
- Baddeley, A. D. 1996. Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **49A**, pp. 5–28.
- Conway, A. R. A. 1999. The effect of memory load on negative priming: An individual difference investigation. *Memory and Cognition*, **27**, pp. 1042–1050.
- Logan, G. D. 1994. On the ability to inhibit thought and action: A user's guide to the stop signal paradigm. In

- D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory process in attention, memory, and language*. San Diego, CA: Academic Press. pp 189–239.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. 2000. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, **41**, pp 49–100.
- 三宅 晶・齋藤 智 2001. 作動記憶研究の現状と展開. *心理学研究*, **72**, pp 336–350.
- Neill, W. T., Valdes, L. A., & Terry, K. M. 1995. Selective attention and the inhibitory control of cognition. In F. N. Dempster, and C. J. Brainerd (Eds.), *Interference and inhibition in cognition*. San Diego, CA: Academic Press. pp 207–261.
- Tipper, S. P., MacQueen, G. M., & Brehaut, J. C. 1988. Negative priming between response modalities: Evidence for the central locus of inhibition in selective attention. *Perception & Psychophysics*, **43**, pp 45–52.