

若年者と比較した中高年者の運動反応と前期・後期 CNV
**The motor reaction and the early and late CNV in the middle-aged
compared with those in the young.**

望月芳子¹⁾, 田中秀明²⁾, 竹内成生³⁾, 高澤則美⁴⁾, 山崎勝男⁵⁾
Mochizuki, Y¹⁾, Tanaka, H²⁾, Takeuchi S³⁾, Takasawa, N⁴⁾, Yamazaki, K⁵⁾

¹⁾早稲田大学スポーツ科学研究センター

²⁾追手門大学心理学部

³⁾上武大学ビジネス情報学部

⁴⁾江戸川大学社会学部

⁵⁾早稲田大学スポーツ科学学術院

¹⁾ Research Center of Sport Sciences, Waseda University

²⁾ Faculty of Psychology, Otomon Gakuin University

³⁾ Faculty of Business and Information Sciences, Jobu University

⁴⁾ Faculty of Social Science, Edogawa University

⁵⁾ Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Keywords: the middle-aged, timing task, early and late CNV, reaction time

キーワード: 中高年, タイミング課題, 前期・後期CNV, 反応時間

Abstract

The relationship between motor reaction and the early and late contingent negative variation (CNV) was investigated in middle-aged and younger persons. Eight middle-aged and eight younger participants underwent testing using the CNV paradigm (warning stimulus - imperative stimulus + motor response) measured over multiple sites. The inter-stimulus interval (ISI; warning stimulus -imperative stimulus) was maintained constant (3 s), while the inter-trial interval (ITI) was varied (3 s or 10-14 s) to manipulate the difficulty of the reaction timing to the imperative stimulus. The reaction time (RT), the amplitude of N1 elicited by the warning stimulus and the early and late CNV were examined. The results showed no significant difference in the RT between the middle-aged and young participants. The RT under the long ITI condition (ISI: 3 s, ITI: 10-14 s) was delayed, compared with that under the short ITI condition (ISI: 3 s, ITI: 3 s). The amplitude of N1 was not significantly different between the middle-aged and young participants, but was larger under the long ITI condition than under the short ITI condition. The amplitude of the early CNV was larger in the middle-aged group than in the young group and was larger under the long ITI condition than under the short ITI condition over Fz or Cz. The amplitude of the late CNV was larger in the middle-aged group than in the young group and was larger over Cz than over Fz or Pz. These findings suggest that the

middle-aged participants seemed to increase neural resources in reaction preparation and anticipation to enable quick reactions from the beginning of the ISI compared to the young group, although no differences between the groups were observed on the RT.

【要 約】

本研究では中高年者と若年者における運動反応と前期・後期CNVの関係を、多部位から測定した随伴陰性変動(contingent negative variation, CNV)によって比較検討した。参加者は中高年者8名と若年者8名とした。CNVパラダイムの警告刺激と命令刺激の時間間隔(inter-stimulus interval: ISI)は常に3 sとしたが、試行間隔(inter-trial interval: ITI)を3 sにする短ITI条件と、10-14 sの可変にする長ITI条件を設けて、命令刺激への反応タイミングに難易を設けた。分析の対象は警告刺激に誘発されたN1の振幅と、前期・後期CNVの振幅と、命令刺激に対する反応時間(reaction time: RT)とした。結果を調べたところ、両群のRT間には有意差がなく、条件間にのみ有意差がみられ、長ITI条件のRTは短ITI条件よりも遅延していた。警告刺激に対するN1の振幅は、両群間に差がなく、条件間にのみ有意差がみられ、長ITI条件の方が短ITI条件よりも振幅が大きかった。中高年者群の前期CNVの振幅は、若年者群よりも大きな値を示した。長ITI条件におけるFzとCzの前期CNV振幅値は、短ITI条件よりも大きな値を示した。また、両条件における中高年者群の後期CNVの振幅は、若年者群のそれよりも大きな値を示した。Czの後期CNV振幅はFz, Pzのそれよりも大きな値を示した。これらの結果に基くと、両群のRTに差がなかったとはいえ、迅速な反応を遂行するために、中高年者群は若年群よりも、ISI早期から反応準備や予期を高めていたものと考えられる。

スポーツ科学研究, 9, 17-28, 2012 年, 受付日:2011 年 6 月 9 日, 受理日:2012 年 2 月 25 日

連絡先: 望月芳子 e-mail:mochy@fuji.waseda.jp

I. はじめに

老化が始まるのは40歳代といわれている(若本・無藤, 2006)。世界保健機構(World Health Organization)の世界保健統計(World Health Statistics 2011)によると、欧米や日本のような先進国では65歳以上を高齢者としているため、40歳-65歳前の年齢層を占めている者は中高年者ということになる。人は中高年期に到達すると身体的な衰えや限界を感じるようになる(若本・無藤, 2004)。しかしながら、一般的に、家族や社会を支える働き盛りの年齢者が中高年期を占めており、多くの中高年者は、活動的で意欲に満ちているように思われる。若年期から高齢期への移行期にある中高年期の身体的衰え

や心理過程が高齢期と異なるのであれば、中高年期の脳内活動を調べることは興味深い。

若年期から高齢期への脳内変化を調べる際に、随伴陰性変動(contingent negative variation: CNV)のパラダイム(警告刺激-命令刺激+運動反応)(Walter, Cooper, Aldridge, McCallum, & Winter, 1964)が使用されている。CNVパラダイムは、1-5秒程度の短い間に、2つの刺激を呈示し、2つ目の命令刺激に反応を要求する運動反応課題である。CNVの発生源は、主に前頭前野、運動前野、一次運動野、体性感覚野など大脳皮質や大脳基底核など皮質下の領域であるといわれ、これらの領域では年齢による構造的変化が認められている(Golob,

Ovasapyan, & Starr, 2005)。そのため、CNVパラダイムを用いれば若年者と中高年者や高齢者の脳内活動を比較することができる。

CNVは前期CNVと後期CNVで構成されている(Loveless & Sanford, 1974a)。前期CNVは前頭部優位に観察され、警告刺激に対する定位反応と推測されてきた(Loveless & Sanford, 1974b)。また、時間予測(Haagh & Brunia, 1985)や、意思決定、反応選択(Van Boxtel, Van den Boogaart, & Brunia, 1993)など反応準備前の情報処理との密接な関係を指摘している研究者もいる(Dirnberger, Lalouschek, Lindinger, Egkher, Deecke, & Lang, 2000)。Loveless & Sanford (1974a)が若年者(20-23歳)と中高年群(58-75歳)に単純反応課題を採用すると、若年者より中高年者のほうで反応時間(RT)が遅延した。その際、若年者には明確な前期CNVと後期CNVが認められたが、中高年者には明確な前期CNVと後期CNVが認められなかった。また、Dirnberger et al.(2000)がGo/NoGo課題遂行時の若年群(18-29歳)と中高年群(53-74歳)の脳波を測定した際には、若年者よりも中高年者のほうで前頭部の前期CNV振幅が小さかった。

後期CNVは中心部優位に観察され、命令刺激呈示の予期や反応準備などを反映するといわれる(Tecce & Cattanaach, 1987)。このCNVパラダイムによって、中高年者群や高齢者群における反応時間(reaction time: RT)の遅延や、後期CNVの振幅減少が明らかになっている(Ferrandez & Pouthas, 2001; Golob, et al., 2005; Michalewski, Thompson, Smith, Patterson, Bowman, Litzelman, & Brent, 1980)。しかしながら、これらの研究を詳細に調べてみると、高齢者の年齢層を70歳代の前半(Michalewski et al., 1980)や、85-98歳の範囲に求めた研究(Golob et al., 2005)、中高年者

の年齢層を46-62歳(Ferrandez & Pouthas, 2001)、60-69歳(Golob et al., 2005)、62-68歳(Miyamoto, Katayama, & Koyama, 1998)、58±3歳(Wild-Wall, Hohnsbein, & Falkenstein, 2007)に求めた研究が混在しており、中高年者や高齢者のCNVと運動反応の関係を調べた研究の解釈には、慎重な態度が必要と思われる。

本研究ではCNVのパラダイムを、46歳前後の中高年者群と25歳前後の若年者群に適用し、命令刺激に対するRTと前期・後期CNVを調べ、従来の中高年者や高齢者の知見と比較検討した。

CNVパラダイムを若年者に適用し、試行間隔(inter-trial interval: ITI)を操作すると、長いITIを用いた条件の方が、短いITIを用いた条件よりも反応時間が長くなる(Smith, 1968; Niemi & Näätänen, 1981; 望月・竹内・高澤・山崎, 2007)。これは、短いITIよりも長いITIを用いるとタイミングを合わせ難くなることによると考えられている。本研究では、短ITI条件(ISI3 s/ITI3 s)と長ITI条件(ISI3 s/ITI10-14 s可変)を設定して、タイミングを合わせ易い条件と合わせ難い条件を設けた。中高年者群の方が若年者群よりRTが遅延し、前期・後期CNVの振幅は減少することが予測される。

また、本研究では、警告刺激に対するN1振幅を調べ、両群の課題遂行に配分された注意について検討した。N1は、刺激後100ms前後で頭蓋頂(Cz)優位に出現する聴覚刺激誘発電位である。刺激に対して注意資源の配分を大きくした条件で、その振幅が大きくなる(Hillyard, Hink, Schwent, & Picton, 1973)。

II. 方法

1. 参加者

中高年者は健常な大学院生とテニスクラブ

会員 8 名(男 3 名, 女 5 名; 46.13±4.91 歳; 40-53 歳), 若年者は健常な大学生と大学院生 8 名(男 4 名, 女 4 名; 25.13±2.03 歳; 23-29 歳)を参加者とした。全員, 日常的にスポーツを行う者を選んだ。参加者の常用手はすべて右手であり, 視力は矯正を含み正常であった。各参加者には前以って実験内容を説明し, その後実験参加の同意を得た。実験終了後には謝金 2000 円を支払った。

2. 刺激

本実験では警告刺激-命令刺激+運動反応の CNV パラダイムを使用した。警告刺激はピップ音(800 Hz, 70 dB SPL, 持続 50 ms, rise/fall 時間 5 ms)を参加者の前方 1 m に設置したスピーカから呈示した。命令刺激は緑色円図形(直径 5 cm, 持続時間 100 ms)を参加者の前方 1 m に設置した CRT ディスプレイ(MITSUBISHI RD21G II ; リフレッシュレート 100 Hz)の中央部に呈示した。刺激呈示と RT の計測には, タキストスコープ(岩通アイセル製, IS-720 AV タキストスコープ)を使用した。

3. 条件

CNV パラダイムの単純反応課題を 2 条件(短 ITI 条件, 長 ITI 条件)実施した。2 条件の ISI はともに 3 s に固定し, ITI のみを操作して反応のタイミングに難易を設けた[短 ITI 条件 (ISI:3 s, ITI:3 s), 長 ITI 条件 (ISI:3 s, ITI:10-14 s 可変)]。

4. 手続き

参加者にはピップ音後の緑色円図形に対して, 右手第 3 指伸展運動による速やかなキイ上げ反応を要求した。両条件とも 1 ブロックを 24 試行として, 3 ブロック(72 試行)を実施した。2 条件の実施順序は, 参加者間でカウンター

バランスをとった。

5. 記録方法

脳波 (electroencephalogram: EEG), 眼球運動(electrooculogram: EOG), 刺激呈示マーカー, キイ上げ反応を, 脳波計(NEC 三栄製 synafit1000)で同時記録した。EEG は国際 10-20 法に準拠し, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4 から導出した(両耳垂結合)。ただし, F3, F4, C3, C4, P3, P4 から導出した EEG は参考記録にとどめた。EOGは両外眼角 1 cm から水平眼球運動を, 左眼中心上下 2 cm から垂直眼球運動を測定した。生体信号は帯域幅 0.032 Hz-100 Hz で記録した。電極はすべて銀塩化銀電極を使用し, 抵抗値は 5 k Ω 以下とした。全測定事象はデータレコーダ(NF Electronic Instruments 製 5870 PCM DATA Recorder)に磁気記録し, その後サンプリング周波数 200 Hz で A/D 変換した。命令刺激の呈示から, 参加者がキイ上げするまでの時間を, RT として計測した。

6. 分析方法

警告刺激前 500 ms から命令刺激後 500 ms 区間に至る 4000 ms の EEG を切り出し, 光磁気ディスクに保存した。EEG の切り出しには, 命令刺激の信号をトリガに使用した。これらの事象を 1 試行毎に視察し, ISI 中に瞬目やアーチファクトが出現した試行は, 当該試行の RT も含めてすべて除去した。その後, Miniussai, Wilding, Coull, & Nobre(1999)に準じ, RT の範囲が 130-800 ms 内の試行のみを再度選択した。加算処理した試行数は, 各参加者とも 1 条件あたり 40 試行以上あった。

CNV の振幅は警告刺激前 200 ms 区間の平均電位を基線として求めた。前期, 後期の各 CNV を観察するために, ここでは便宜上前期

CNV の区間を 500-1000 ms, 後期 CNV の区間を 2500-3000 ms (Van Boxtel et al., 1993) とし、両区間における CNV の平均振幅値をそれぞれ求め、群(中高年者/若年者)×ITI 条件(短/長)×部位(Fz/Cz/Pz)の 3 要因について分散分析を行った。自由度は Greenhouse-Geisser の ϵ によって修正した。多重比較には Bonferroni 法を使用した。

N1 の振幅は警告刺激前 200 ms 区間の平均電位を基線として求めた。警告刺激後 0-180 ms に Cz で惹起した波形の頂点振幅を求め、群(中高年者/若年者)×ITI 条件(短/長)の 2 要因について分散分析を行った。

RT は群(中高年者/若年者)×ITI 条件(短/長)の 2 要因について分散分析を行った。

Ⅲ. 結果

1. RT

長 ITI 条件における中高年者群と若年者群の平均 RT(それぞれ, 236 ± 26 ms, 246 ± 24 ms)の間や、短 ITI 条件における中高年者群と

若年者群の平均 RT (それぞれ 224 ± 15 ms, 226 ± 21 ms)の間には有意差がなかった ($F(1,14) = 0.42, n.s.$)。有意な主効果は ITI の要因のみにみられ ($F(1,14) = 9.84, p < .01$)、長 ITI 条件の平均 RT は短 ITI 条件よりも有意に遅延していた。群×ITI 条件に交互作用はなかった ($F(1,14) = 0.60, n.s.$)。エラー率(尚早反応と遅延反応を含む)は、若年者群の短 ITI 条件が全試行の 0.87 %, 長 ITI 条件が 0.69 %, 中高年者群の短 ITI 条件が 1.04 %, 長 ITI 条件が 1.39 %であった。

2. CNV と N1

中高年者群と若年者群における CNV の振幅は、各部位ともども警告刺激呈示後 1000 ms から 3000 ms の区間にかけて増加していたが、群や条件によっては警告刺激呈示後 500-1000 ms 区間にも相応の CNV が出現していた。**Figure 1** には、Fz, Cz, Pz の波形を示した。

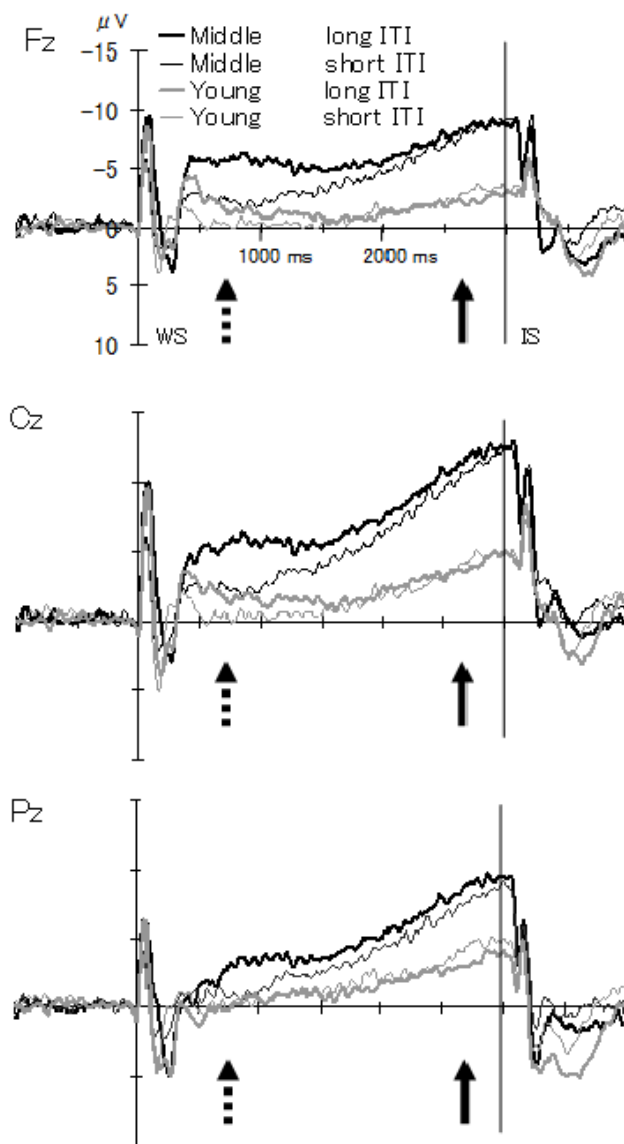


Figure 1 Grand average CNV waveforms at Fz, Cz, and Pz in the long and short ITI conditions for middle-aged and young groups. The broken line arrows indicate time windows of the early (500–1000 ms) and the solid line arrows indicate time windows of the late (2500–3000 ms) CNV.

前期 CNV の平均振幅値について、3 要因 [群(2)×ITI 条件(2)×部位(3)]の分散分析を行った結果、群に主効果がみられ ($F(1,14)=7.41, p<.05$), 中高年者群の CNV 振幅は若年者群よりも有意に大きな値を示していた。また、ITI 条件×部位には有意な交互作用がみられた ($F(2,28)=6.87, p<.01, \epsilon=0.75$)。Bonferroni 法による多重比較の結果、長 ITI 条件の Fz と Cz の振幅は、短 ITI 条件よりも有意に大きな値を示していた(それぞれ $p<.01$)。

群 × ITI ($F(1,14)= 2.87, n.s.$)、群 × 部位 ($F(2,28)=2.98, n.s.$)、群 × ITI × 部位 ($F(2,28)=0.16, n.s.$)に有意な交互作用はみとめられなかった。Figure 2(左)に、Fz、Cz、Pz の 500–1000 ms 区間の各条件の平均振幅値を示した。

後期 CNV の振幅値について、3 要因 [群(2)×ITI 条件(2)×部位(3)]の分散分析を行った結果、群の要因に主効果がみられ ($F(1,14)=9.39, p<.01$)、中高年者群の CNV 振

幅は若年者群よりも有意に大きな値を示していた。また、部位の要因にも有意な主効果があった($F(1,28)=8.16, p<.01, \epsilon=0.70$)。多重比較をした結果、Czの振幅はFzとPzよりも、有意に大きな値を示していた($p<.05$)。群×ITI条件($F(1,14)=0.28, n.s.$)、群×部位($F(2,28)=3.49,$

$n.s.$)、ITI条件×部位($F(2,28)=0.72, n.s.$)、群×ITI条件×部位($F(2,28)=0.35, n.s.$)に有意な交互作用はみとめられなかった。**Figure 2** (右)に、Fz, Cz, Pzの2500-3000 ms区間の各条件の平均振幅値を示した。

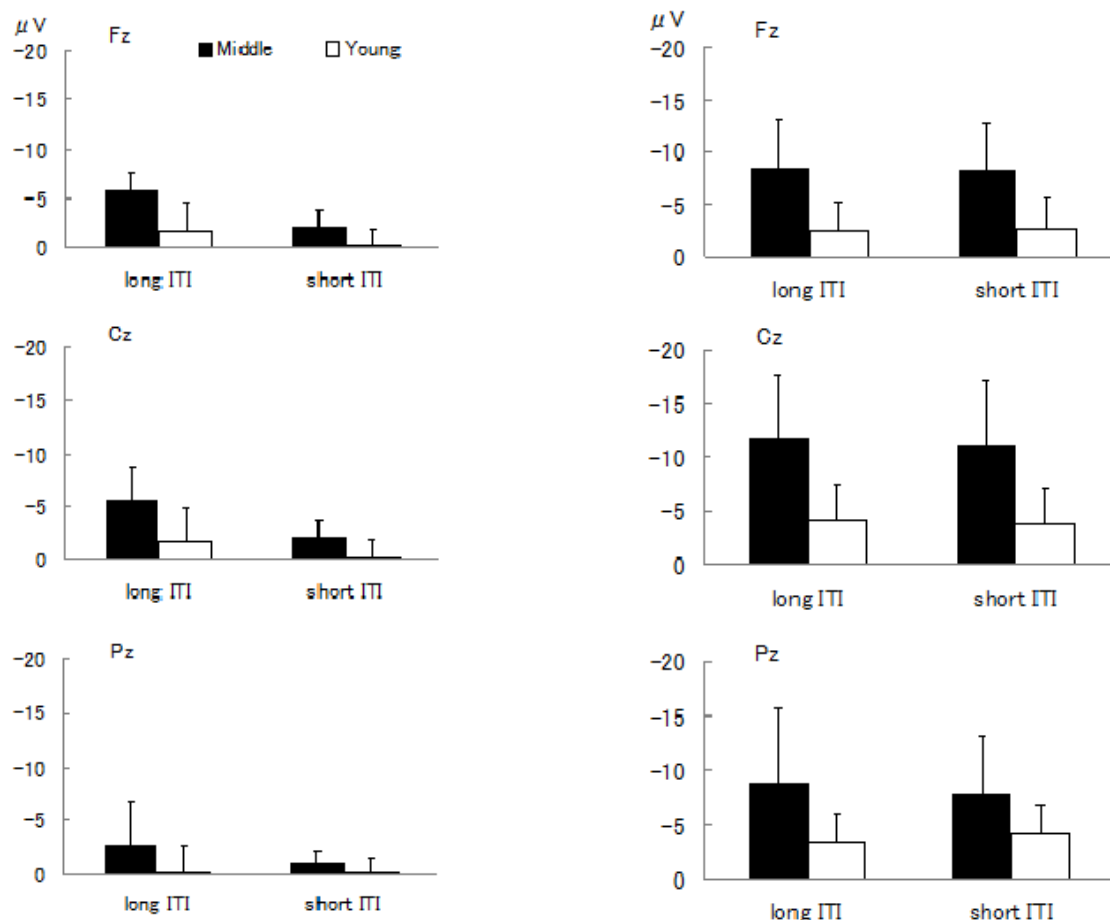


Figure 2 The mean amplitude (μV) of CNV at Fz, Cz and Pz during 500-1000 ms (left) and 2500-3000 ms (right) in the long and short ITI conditions for middle-aged and young groups. The error bars indicate the standard deviations of mean amplitudes.

警告刺激に惹起した Cz の N1 振幅値について、2 要因[群(2)×ITI 条件(2)]の分散分析を行った結果、ITI 条件の要因に主効果がみられ ($F(1,14)=14.33, p<.01$)、長 ITI 条件の N1 振幅は短 ITI 条件よりも有意に大きな値を示し

ていた。両群間に有意な差はなかった ($F(1,14)=0.03, n.s.$)。群×ITI 条件に有意な交互作用はみとめられなかった ($F(1,14)=0.52, n.s.$)。**Figure 3** には Cz における N1 の波形を示した。

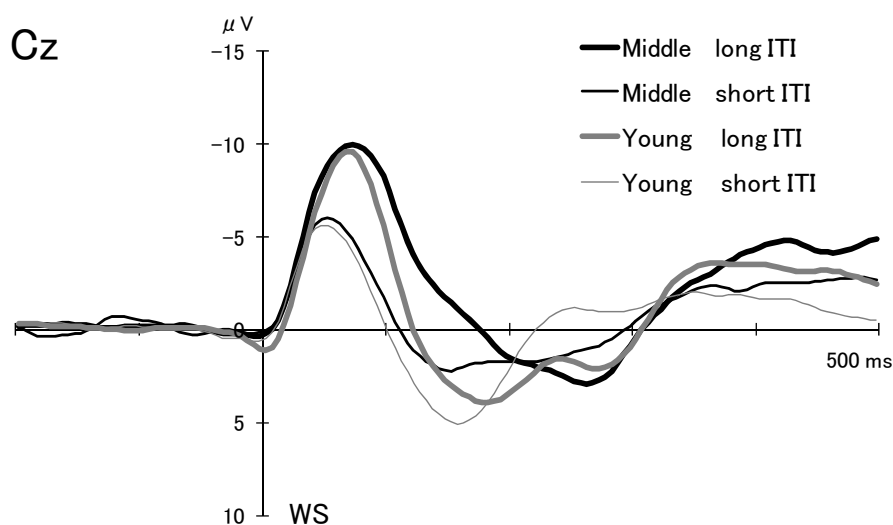


Figure 3 Grand average N1 waveforms at Cz in the long and short ITI conditions for middle-aged and young groups.

IV. 考察

1. 反応時間

本実験では CNV パラダイムの単純反応課題を使用した。短 ITI 条件では ISI と ITI をともに 3 s に設定していた。従って、参加者の課題は警告刺激の 3 s 後に呈示される命令刺激に反応し、そして 3 s 待った後に、再度同様な試行に対応するという、いわゆる 3 s 毎のタイミング合わせであった。他方、長 ITI 条件では短 ITI 条件と同様に ISI を 3 s に設定していたが、ITI は 10-14 s の範囲で変化するものであった。従って、短 ITI 条件とは異なり、参加者にとっては、タイミングが合わせにくい課題であった。確かに結果の項に示したように、本実験の条件間には有意差があり、長 ITI 条件の RT は、短 ITI 条件よりも遅延した。つまり、課題の難度が RT に影響していた。

ただし、ITI 条件にかかわらず、両群間の RT に有意な差がなかった。このことから、本実験で使用した課題の程度では本実験の中高年参加者(46.13 ± 4.91 歳)は、若年者となんら遜色のない運動反応が可能であることを示唆している。

本研究の結果は、中高年者の RT が若年者よりも遅延するという以下の知見；漢字プライミング課題を中高年者(62-68 歳)と若年者(21-26 歳)に適用して、中高年者における RT の遅延を明らかにした Miyamoto et al.(1998)の知見や、中高年者(58 ± 3.3 歳)と若年者(22 ± 2.1 歳)に視覚探索課題を適用して、中高年者における RT の遅延を明らかにした Wild-Wall et al.(2007)の知見とは異なっていた。

本研究では単純反応課題を使用した。一方、Miyamoto et al.(1998)は漢字プライミング課題を、Wild-Wall et al.(2007)は視覚探索課題を使用していた。また、彼らが使用した若年者群は、本研究の若年者群と、ほぼ同一年齢層に属していたが、中高年者群の年齢は、本研究の中高年者群よりも 10 歳以上高かった。これらの研究と本研究の結果が異なっていたのは、本研究が若い年代の中高年者を対象にしたことと、反応課題の容易さに、その原因があったものと思われる。

2. CNV と N1

Cz の N1 振幅には条件間に有意差があり、長 ITI 条件の N1 振幅は、短 ITI 条件よりも大きな値を示していた。これは、長 ITI 条件でタイミングがとり難いことから、課題の難易が N1 振幅に影響し、短 ITI 条件よりも警告刺激出現に配分した注意が大きかったことを示唆している。しかし、両 ITI 条件で両群間の N1 振幅に有意な差がなかった。

両条件における中高年者群の前期 CNV の振幅は、若年群よりも有意に大きな値を示した。また、長 ITI 条件における Fz と Cz の前期 CNV 振幅は短 ITI 条件のそれよりも大きな値を示した。他方、両条件における中高年群の後期 CNV の振幅は、若年群よりも有意に大きな値を示し、Cz の後期 CNV 振幅は Fz, Pz よりも大きな値を示した。

前述したように、本研究では中高年者群と若年者群の RT 間や N1 振幅間に差はなかった。しかしながら、予測に反し、両条件下における中高年者群の前期 CNV と後期 CNV は、ともに若年者群よりも大きな値を示した。このことは何を意味しているのであろうか。

CNV パラダイムを使用したこれまでの加齢研究を概観すると、もっぱら後期 CNV に焦点を当てた研究が多く、前期 CNV に言及した研究は非常に少ない。その理由として、多くの研究者は前期 CNV を感覚性の定位反応(Loveless & Sanford, 1974b; Loveless, 1979)とみなし、後期 CNV に反映するといわれる期待、注意、意欲、動機づけ、反応準備のような心理的要因を調べてきたことによるものと思われる(Tecce & Cattanach, 1987)。しかしながら、若年者における前期・後期の明瞭な CNV と迅速な RT や、中高年-高齢者における前期・後期の弁別不能な CNV と RT の遅延から、中高年-高齢者における ISI の予測困難性を示唆している研究者(Loveless & Sanford, 1974a)がいる。また、

若年者の前頭部における前期・後期の明瞭な CNV と、高齢者の前頭部における前期・後期の弁別不能な低振幅の CNV から、中高年者における認知機能の低下を推測している研究者(Dirnberger et al., 2000)もいる。

本研究では、Fz と Cz の前期 CNV 振幅は、短 ITI 条件よりも長 ITI 条件の方で有意に大きな値を示していた。これは、課題の難易が前期 CNV に影響することを示唆している。また、前期 CNV は両群の間に有意な差がみとめられた。警告刺激直後から若年者群と中高年者群の反応準備が異なることが示唆されている。このことから、前期 CNV が単なる定位反応を超えて、何らかの心理的要因や認知的要因を反映しているとも思われるが、本研究からその内容を解明することはできない。

前述したように、後期 CNV と加齢や RT との関係性を、若年者のそれと比較した研究はかなり多く、これらの研究ではおしなべて中高年者における後期 CNV の振幅低下と RT の遅延を指摘し、中高年者の運動準備と刺激予期に関わる脳内神経活動の衰退や、高齢者における大脳組織の加齢変化などについて示唆している。

ただし、単語弁別課題(マッチ課題とミスマッチ課題)を使用して、中高年者(62-68 歳)の後期 CNV と RT や反応の正確性との関係を調べた研究(Miyamoto et al., 1998)では、確かに中高年者の RT が遅延し、正確性も低下していたが、後期 CNV の振幅は若年者のそれより大きな値を示していた。同様に、視覚探索を使用して、中高年者(58±3 歳)の後期 CNV と RT や反応の正確性との関係を調べた研究(Wild-Wall et al., 2007)でも、中高年者の RT は遅延し、エラー率も高かったが、前頭部における後期 CNV の振幅は、若年者のそれより大きな値を示していた。この中高年者の大きな後

期 CNV の振幅を, Miyamoto et al. は認知機能の低下を補償する脳内活動の高まりと捉え, Wild-Wall et al. は課題遂行に対する努力と捉えている。

また, Hillman, Weiss, Hagberg, & Hatfield (2002) は, 中高齢者 (60-70 歳代) に, 刺激の弁別課題を適用し, 後期 CNV を運動準備 (CNV) と刺激予期 (stimulus preceding negativity: SPN) の成分に分離して, RT との関わり合いを調べた。その結果, 中高齢者と若年者の RT や正解率, 加えて CNV には有意差を認めなかったものの, 中高齢者の Fz の SPN 振幅は若年者よりも大きな値を示した。中高齢者にみられたこの大きな SPN 振幅を, Hillman et al. は, 若年者に比較して非効率的な中高齢者の刺激予期機能を高めるための脳内活動とみなしている。

本研究では, 中高年者群と若年者群の RT に有意な差を認めなかった。しかしながら, 中高年者群の後期 CNV の振幅は, 若年者群よりも大きな値を示していた。後期 CNV の振幅は, 中高年者群が若年者群より予期を高めて反応準備していたことを示唆している。

従来は, 高齢者や中高年者の後期 CNV と反応準備や注意, 意欲といった要因との関係から, 加齢と運動反応の関係を調べる研究が多かった。本研究の結果から, 運動反応時における中高年者の前期 CNV と後期 CNV の出現態度が若年者と異なることが明らかになった。この研究からは中高年の年齢上限については何もわからない。しかしながら, 本実験の課題とは異なっていたが, 65-69 歳の中高年者群 (Golob et al., 2005), 平均年齢 72.2 歳の高齢者群 (Michalewski et al., 1980) が示した RT の遅延と CNV の振幅低下, さらに RT の遅延にも関わらず大きな CNV 振幅を示した 62-68 歳の中高年者群 (Miyamoto et al., 1998) のデータ

を参考にするとともに, 今後, 研究をさらに進めて行けば, 中高年者と高齢者の脳内活動は推定可能になるものと思われる。

本研究では短 ITI 条件で ITI を 3 s に固定した一方, 長 ITI 条件では ITI を 10-14 s 可変にしたため, ITI 長短に伴う予期過程の影響とともに, ITI 変動に伴う影響も混交したものと思われる。その点で, 本研究の解釈には限界がある。今後はこの欠点を改善するとともに, 記憶検索課題や二重課題など認知資源を操作できるさまざまな課題を工夫して, 前期・後期 CNV の振幅と, RT の関係を詳細に分析すれば, 加齢の進行状況と反応準備や認知情報処理との関係を, 明らかにすることができるものと思われる。

V. 引用文献

- Dirnberger, G., Lalouschek, W., Lindinger, F., Egkher, A., Deecke, L., & Lang W. (2000) Reduced activation of midline frontal areas in human elderly subjects: A contingent negative variation study. *Neuroscience Letters*, 280(1), 61-64.
- Ferrandez, A. M. , & Pouthas, V. (2001) Does cerebral activity change in a visual discrimination task? *Neurobiology of Aging*, 22(4), 645-657.
- Golob, E. J., Ovasapyan, V., & Starr, A. (2005) Event-related potentials accompanying motor preparation and stimulus expectancy in the young, young-old and oldest-old. *Neurobiology of Aging*, 26(4), 531-542.
- Haagh, S.A.V.M., & Brunia, C.H.M. (1985) Anticipatory response-relevant muscle activity, CNV amplitude and simple reaction time. *Electroencephalography and*

- Clinical Neurophysiology*, 61(1), 30-39.
- Hillman, C., H., Weiss, E. P., Hagberg, J. M., & Hatfield, B. D. (2002). The relationship of age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology*, 39, 303-312.
 - Hillyard, S.A., Hink, R.F., Schwent, V.L., & Picton, T.W. (1973) Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182(4108), 177-180.
 - Loveless, N.E. (1979) Event-related slow potentials of the brain as expressions of orienting function. In H.D. Kimmel, E.H. Van Olst, & J.F. Orlebeke (Eds.), *The orienting reflex in humans*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. pp.77-100.
 - Loveless, N.E., & Sanford, A.J. (1974a) Effects of age on the contingent negative variation and preparatory set in a reaction time task. *Journal of Gerontology*, 29(1), 52-63.
 - Loveless, N.E., & Sanford, A.J. (1974b). Slow potential correlates of preparatory set. *Biological Psychology*, 1, 303-314.
 - Michalewski, H. J., Thompson, L. W., Smith, D. B. B, Patterson, J. V., Bowman, T. E., Litzelman, D., & Brent, G. (1980) Age differences in the contingent negative variation (CNV): Reduced frontal activity in the elderly. *Journal of Gerontology*, 35(4), 542-549.
 - Miniusssei, C., Wilding, E. L., Coull, J. T., & Nobre A. C. (1999) Orienting attention in time modulation of brain potentials. *Brain*, 122, 1507-1518.
 - Miyamoto, T., Katayama, J., & Koyama, T. (1998) ERPs, semantic processing and age. *International Journal of Psychophysiology*, 29(1), 43-51.
 - 望月芳子・竹内成生・高澤則美・山崎勝男 (2007) CNVパラダイムにおける時間間隔検索と運動準備の関係 生理心理学と精神生理学, 25(3), 287-302.
 - Niemi, P., & Näätänen, R. (1981) Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 89(1), 133-162.
 - Smith, M.C. (1968) Repetition effect and short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, 77(3), 435-439.
 - Tecce, J.J., & Cattanach, L. (1987) Contingent negative variation. In E. Niedermeyer & F. Lopes da Silva (Eds.), *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields* (2nd ed.). Baltimore: Urban & Schwarzenberg. pp.543-562.
 - Van Boxtel, G. J. M., Van den Boogaart, B., & Brunia, C.H.M. (1993) The contingent negative variation in a choice reaction time task. *Journal of Psychophysiology*, 7, 11-23.
 - 若本純子・無藤隆 (2004) 中年期の多次元的自己概念における発達的特徴 — 自己に対する関心と評価の交互作用という観点から — 教育心理学研究, 52(4), 382-391.
 - 若本純子・無藤隆 (2006) 中高年期における主観的老いの経験 発達心理学研究, 17(1), 84-93.
 - Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., & Winter, A. L. (1964) Contingent negative variation: An electric sign of sensori-motor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203,

380-384.

- Wild-Wall, N., Hohsbein, J., & Falkenstein, M. (2007) Effects of ageing on cognitive task preparation as reflected by event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, 118(3), 558-569.