聴覚的な並行課題が視覚的注意の範囲に及ぼす影響 – Dot counting 課題を用いた検討 –

田中 吉史¹⁾, 山住 賢司²⁾, 大山 正³⁾, 市原 茂⁴⁾

(¹⁾金沢工業大学情報フロンティア学部心理情報学科, ²⁾東京都立大学人文科学研究科,

³⁾日本大学文理学部, ⁴⁾首都大学東京都市教養学部人文社会系)

The effect of concurrent auditory tasks on visual attention span – A study of a dot-counting task –

Yoshifumi TANAKA¹⁾, Kenji YAMASUMI²⁾, Tadasu OYAMA³⁾, Shigeru ICHIHARA²⁾

¹⁾*Kanazawa Institute of Technology*

²⁾*Tokyo Metropolitan University*

³⁾*Nihon University*

A test pattern consisting of 1 to 15 dots was presented for 50 ms on a computer screen. Each of fifteen college students was asked to report orally the number of dots displayed as quickly as possible. In the experimental condition, the subject was presented short sentences successively via headset during the dot-counting task. Half of the experimental subjects judged the gender of the voice reading each sentence, and the other half judged truth of the sentence. In the control condition, the subject conducted only the dot-counting task. The results showed that the span of attention (the upper limit for 50% correct numerosity judgment) was not influenced by the concurrent task, but the reaction time to dot-counting under the concurrent task was longer than that under the control condition.

(Received 25 September 2006, Accepted 1 November 2006)

Keywords: dot-counting task, span of attention, reaction time, concurrent task

1. 目的

我々の日常生活においては、視覚と聴覚、触覚や味覚など、複数の感覚モダリティから入力される情報を並行して処理することがしばしば要求される。例えば、自動車を運転する際、運転者は前方や周囲の視覚的な情報に注意を向けつつ運転操作を行うが、同時に同乗者と、あるいは携帯電話をとおして会話したり、ラジオやカーナビの音声案内を聞き取ったり、といった運転とは関係のない聴覚的な情報に対しても対応してゆくことが要求される。このようなクロスモーダルな情報間の相互作用について検討することは、我々の官能

特性やその相互作用を明らかにする上で重要であると同時に、自動車運転のように、クロスモーダルな情報処理が要求され、しかも高い安全性が求められる場面で用いられる製品の設計を考える上でも必要であると言える。視覚情報処理と聴覚情報処理との相互作用については、これまでも幾つかの研究が行われてきた(北川, 2006; Kitagawa & Ichihara, 2002)。本論文では、視覚的な注意の範囲に対して、並行して行われる聴覚的な課題がもたらす影響について検討する。

注意の範囲とは、ごく短時間呈示された対象の個数を正確に把握できる範囲のことで、我々が瞬間的に処

理可能な情報の量を表すものである。大山らはディスプレイに呈示されるランダムなドットの個数を数える dot counting 課題 (Oyama, Kikuchi & Ichihara, 1981) を用いて視覚的な注意の範囲について検討を行っている。Dot counting 課題では、ディスプレイに呈示されたランダムドットの個数の正答率が .5 (50%) になるドット数を注意の範囲として定義している。大山らによると、注意の範囲はランダムドットの呈示時間が短い場合は少なく、呈示時間が長くなるにつれて増加する (Oyama et al. 1981)。

また、dot counting 課題では、呈示されるドット数が 4 以下と 5 以上で反応時間の変化やエラー率に異なった効果が見られることも報告されている。反応時間に関しては、呈示ドット数が 4 以下の場合には個数が増えても反応時間の増加は見られないかごくわずかであり、5 個以上になるとドット数が増えるに従って増加する。つまり、ドットが 4 個以下の場合には即時的なドット数の把握 (subitizing) がなされるが、5 個以上ではドットを一つ一つ数える (counting)、といったように処理様式が変化すると考えられるのである (Klahr, 1973)。Trick & Pylyshyn (1994) は、subitizing は意識的な制御の関与しない前注意的な過程によるものであり、counting は意識的な制御を必要とする空間的注意によるものであると主張している。

視覚的な注意に対して、並行して行われる聴覚的な情報の処理がもつ妨害的な効果については、交通心理学の領域、とりわけ自動車運転に関する安全性の研究においては非常に重要な研究トピックである。前述したように、自動車運転時には視覚的な情報に注意を向けつつ聴覚的な情報に対する処理を並行して行うことがしばしばある。これらの並行作業によってもたらされる認知的負荷が、視覚的な注意に対して妨害的な効果を持つことが、多くの研究で指摘されてきた (篠原・三浦, 2004)。例えば、Strayer & Johnston (2001) は、ディスプレイに呈示された標的の色が変わったらボタンを押すという課題において、携帯電話で会話をしながら行う条件とラジオで音楽を聴きながら行う条件を比較したところ、携帯電話での会話条件の方が反応時間は長くなり、見逃しが増加することを報告している (実験 1)。さらに、課題を行いながら、聴覚呈示された単語を単に復唱する条件と、単語の最後の文字から始まる別の単語を発話する条件とを比較したところ、後者の方が妨害効果が大きかった (実験 2)。また、近江 (2003) は、会話をしながら

Play Station® のレーシングゲームを行った際の運転パフォーマンスについて検討した結果、くだけた内容 (マンガなど) の会話と比べて、直前に記録した時間割を想起して説明するといった会話では、壁への衝突回数やカーブでの失敗が増加する等、運転成績が低下する傾向があったことを報告している。これらの研究から、並行課題の認知負荷が高くなるほど視覚的な課題に対する干渉の量が増加することが示唆される。しかし、これらの研究では現実の運転場面により近い課題が用いられており、注意の範囲のようなより基礎的な過程に対して聴覚的な情報処理がどのような影響を与えるのか、という問題については直接検討されていない。

そこで本研究では、dot-counting 課題と同時に聴覚的並行課題を行い、注意の範囲や subitizing, counting に対してどのような影響が見られるのかを検討する。聴覚的並行課題が視覚的な情報処理を妨害するのであれば、聴覚的並行課題を行った場合には注意の範囲は狭くなると考えられる。また、subitizing では、視覚的な情報の処理は自動的に行われる (Trick & Pylyshyn, 1994) ため、聴覚的並行課題による影響が無いかきわめて少ないだろう。認知負荷の大きい聴覚的並行課題の場合は、認知負荷の小さい場合と比べて、視覚課題への干渉が大きいと考えられる。特に意図的制御の必要な counting においては、聴覚的並行課題の認知負荷の大きさによる干渉量の違いが大きいと考えられる。

本研究では、認知負荷の異なる聴覚的並行課題として、音声判断条件と意味判断条件を設定した。二つの条件とも、呈示される音声刺激は文を男声または女声によって読み上げたものであり、同一である。同じ刺激文に対して、意味判断条件では提示された文の内容が正しいかどうかを判断し、音声判断条件では、提示された文の音声か女声かを判断する。意味判断条件では、文の意味を理解し、意味記憶へアクセスした上で判断する必要があるため、認知的な負荷が高いと考えられる。一方、音声判断条件では、音声の内容ではなく表層的な情報 (男声か女声か) を判断するだけなので、意味判断条件と比べて認知的な負荷が小さいと考えられる。

2. 方法

被験者 大学生 15 名

実験デザイン 並行課題条件 (被験者間要因) × 呈

示ドット数または報告ドット数（被験者内要因）の混合計画。並行課題条件は、並行課題の無い統制群、聴覚的並行課題として聴覚刺激に対して音声的判断を行う音声条件群、聴覚的刺激に対して意味的判断を行う意味条件群の3群（各群5人ずつ）であった。

装置 視覚刺激の呈示と口頭による反応収集をMacintosh G4を用いて行った。視覚刺激は17インチディスプレイ（SONY社製GDM-1SE2T）で呈示され、顎台に固定された被験者から800mmのところに設置された。口頭による反応はピンマイクを用いて入力され、反応時間が記録された。聴覚刺激の呈示とキーボードによる反応収集はMacintosh G5を用いて行った。聴覚刺激はヘッドフォンで呈示され、被験者はキーボードのキーを押して反応を行った。また、刺激呈示と反応収集はMATLABによって書かれたプログラムによって制御された。

刺激 視覚的課題では、ディスプレイに呈示される1~15個のランダムドットパターンを刺激とした。ディスプレイ中央に、ドットサイズ5.1mm、ドットの間隔1.4mmになるよう10×10ドットの行列を設定（視角にして5×5 deg）し、この行列の中から呈示する個数のドットをランダムに選択した。その際、ドットが互いに縦、横、斜めに隣接する位置のものが選ばれないようにした。1~15個の各ドット数についてランダムドットパターンを10種類ずつ、合計150個のランダムドットパターンを作成した。聴覚的並行課題で用いた刺激文は、次のような手順で作成された。まず、就職試験問題集の一般教養問題などから、候補となる問題文を139種作成し、大学生28人にその問題文の内容の正誤判断を行ってもらった。そして得られた正答率が80%未満のもの75種を選択した。これらの文を男性と女性各一名によって朗読したものを録音し、各文のonset間隔が10sになるようにして、ランダムな順序（10パターン用意し、ランダムに被験者に割り当てた）で再生した。

手続き 主課題である視覚的課題では、ディスプレイに呈示されるランダムドットの個数を数えて口頭で答えた。呈示枠の四隅（前述した10×10ドットの行列から、対称に1cm離れた場所）が1s点灯し、1s空白画面が呈示された後、白の背景に黒いランダムドットを50ms呈示した。被験者は提示されたランダムドットが何個あったか出来るだけ速く正確に口頭で答え、ドットの呈示終了から反応までの時間が測定された。これを1試行とし、全150個のランダムドットパ

Fig.1 呈示ドット数と報告ドット数の平均値

ターンがランダムに呈示された。聴覚的並行課題がある条件では、視覚的課題と並行して、刺激文が（被験者が口頭でドット数を答える間も）ヘッドフォンで呈示された。音声判断条件では、読み上げられる声が男声か女声かを判断してキーを押して反応した。意味判断条件では、文の内容が正しいかどうかをキー押して判断（たとえば「甲子園球場は大阪府にある」という文ではNo判断が正解）した。統制条件は聴覚的並行課題がなく、視覚的課題のみを行った。

3. 結果

呈示ドット数と報告ドット数 呈示されたドット数に対して、何個のドット数が報告されたかをFig.1に示した。目視によると、呈示ドット数が6個程度までは呈示ドット数と報告ドット数の平均はほぼ一致するが、7個を超えると徐々に減少してゆく傾向が見られた。

呈示ドット数とエラー率 呈示されたドット数に対する報告ドット数のエラー率をFig.2に示した。どの並行課題条件においても、呈示ドット数が5個程度までは緩やかにエラー率が増加しているが、6個以上になると急速にエラー率が増加していた。このことは、呈示ドット数が5個までの場合と、6個以上とは、ドットを数える過程に大きな違いが見られることを示唆する。また、エラー率が.5になるドット数（注意の範囲）については、いずれの並行課題条件も7~8個であり、並行課題の有無による差は見られなかった。

反応時間の分析 次に呈示ドット数または報告ドッ

Fig.2 呈示ドット数とエラー率

Fig.4 報告ドット数ごとの反応時間

Fig.3 呈示ドット数ごとの反応時間

ト数と反応時間との関係について分析した。呈示ドット数が1のとき、被験者は「いち」と口頭で答えるが、マイクの感度が充分でなく反応を検知することが出来ない試行が多かった。そこで、以下の反応時間の分析では、呈示ドット数あるいは報告ドット数が1の場合の試行を除外した。

呈示ドット数と反応時間 呈示ドット数に対する反応時間の平均を求め、Fig.3に示した。なお、この分析では反応時間の分布からみて、反応時間が8秒以上だった試行を外れ値と見なして除外した。その結果、各条件で合計700試行（呈示ドット数2～15個で各10試行、被験者5人ずつ）のうち、音声判断条件で2試行、意味判断条件で3試行のデータが除外された。また、この分析では、エラーの有無とは関係なく、呈示されるドット数が反応時間にどのような影響を与えるのか検討することが目的のため、ドット数を誤って報告した試行（誤反応）も含めた。Fig.3から、呈示ドット数が4個以下と5個以上でドット数の増加に伴

う反応時間の増加に大きな変化が生じていることがわかる。

検定力を上げるために被験者をプールして並行課題条件×呈示ドット数で二要因分散分析を行った。その結果、並行課題条件の主効果が有意 ($F(2,2053) = 10.06, p < .01$) であり、Tukey法による下位検定の結果、統制群は他のいずれの群よりも反応時間が短かったが、音声判断群と意味判断との間に差は見られなかった。また、ドット数の主効果も有意であり ($F(13,2053) = 117.90, p < .01$)、下位検定の結果、ドット数が2個と3個の間、3個と4個の間、6個、7個、10個の間、7個から15個までのすべてのドット数の間には差が無かった。つまり、呈示ドット数が4個までは反応時間の増加は緩やかであり、5、6個と順次反応時間が長くなり、7個以上では反応時間は殆ど変化がない事がわかった。交互作用は有意ではなかった ($F(26,2053) = 0.42, n.s.$)。

報告ドット数と反応時間 反応時間について呈示ドット数と被験者群との交互作用は見られなかったが、反応時間は呈示ドット数よりも実際に被験者が報告したドット数により強く影響される (Oyama et al., 1981)。そこで、被験者の報告したドット数に対する反応時間の平均を求め、Fig.4に示した。この際、呈示ドット数の分析と同様、反応時間が8秒以上だった試行を除外し、また報告ドット数が16以上だった反応を除外した。その結果、統制条件では合計5試行、音声判断条件で28試行、意味判断条件で31試行のデータが除外された。呈示ドット数の場合と比べると、報告ドット数の増加に伴う反応時間の増加は全体にな

だらかであった。

被験者をプールして並行課題条件×報告ドット数で

二要因分散分析を行った。その結果、並行課題条件の主効果が有意 ($F(2,1994)=8.41, p<.01$) であり、Tukey 法による下位検定の結果、呈示ドット数の場合と同様、統制群は他の群よりも反応時間が短かったが、音声判断条件と意味判断条件との間に差は見られなかった。また、ドット数の主効果も有意であり ($F(13,1994)=135.02, p<.01$)、下位検定の結果、ドット数が 2, 3, 4 個の間には差が無く、5 個で反応時間が長くなり、6 個から 15 個までの間には差が見られなかった。交互作用は有意ではなかった ($F(26,1994)=1.04, n.s.$)。

4. 考察

呈示ドット数とエラー率の関係については、聴覚的並行課題の有無による差はなく、注意の範囲は聴覚的並行課題によって低下しなかった。しかし、反応時間は、聴覚的並行課題のある群は統制群と比べて長くなっていた。つまり、聴覚的並行課題は視覚的な情報処理の正確さには影響しないが、反応時間の遅延をもたらした。同様の結果は、先行研究でも報告されている。Horrey & Wickens (2004) は、自動車運転のパフォーマンスに対する携帯電話使用の効果に関する諸研究をメタ分析しているが、それによると、携帯電話使用時のトラッキング動作について検討した研究では、携帯電話使用による運転成績の低下は見られないが、刺激に対する反応時間は遅延する傾向が見られた。このことから、本報告の実験結果はある程度一般性のあるものと考えられる。また、このことを運転場面に当てはめるとすると、例えば飛び出しなどの視覚的に重要な情報の検出自体には大きな影響はないものの、ブレーキ操作など反応に対する影響が大きい、ということが出来るだろう。

一方、先行研究で報告されてきた subitizing と counting の二つの過程が、今回の実験においても観察された。呈示ドット数、報告ドット数とも 4 個以下の場合、エラー率は極めて少なく、ドットの増加に伴う反応時間の増加も緩やかであった。呈示ドット数が 5 個のときエラー率は 4 個以下の場合と大きく変わらない (Fig.2) が、反応時間は有意に遅延していた (Fig.3)。呈示ドット数が 5 個のときは、処理が subitizing から counting へ移行する過渡期に相当するものと考えられる。呈示ドット数が 5 個以上の場合、ドットの増加に伴って反応時間が急速に増加し、Oyama et al. (1981) の報告と同様、ドット数が 7 個

程度からあとはほぼ一定になった。また報告ドット数ごとの反応時間の増加は、呈示ドット数ごとの反応時間の増加よりも緩やかであった。Oyama et al. (1981) は、ランダムドットを 50ms 呈示した場合には、ドット数を報告するまでの反応時間は報告ドット数の増加と共に直線的に増加することを示している。また Fig.1 のように、呈示ドット数が比較的少ない場合には報告ドット数が多めに、呈示ドット数が多い場合には報告ドット数が少なめになることにもよると考えられる。

一方、呈示ドット数、報告ドット数とも、ドット数と実験条件との交互作用が見られなかったことから、subitizing においても counting と同様に聴覚的並行課題による反応時間の遅延が生じたと言える。Subitizing では、ドット数の把握自体が自動的に行われているとすると、反応時間の遅延は、反応の選択や発声に対して聴覚的並行課題が干渉したためと考えられる。

また、聴覚的並行課題の種類（音声判断条件と意味判断条件）による注意の範囲や反応時間の差も見られなかった。この理由として、一つは、今回作成した刺激文では、音声判断も意味判断も、認知的な負荷の量に大きな違いがなかったのかもしれない。別の可能性としては、音声判断と比べて意味判断の方が処理に時間がかかるのだが、それ以上に刺激文呈示自体がドット数の発話に与える干渉の方が大きく、差が検出できなかったのかもしれない。

ところで、今回の実験は、視覚的な課題における反応様式と、聴覚的並行課題における反応様式の組み合わせが多く、先行研究とは異なっている。自動車の運転場面を想定した先行研究においては、視覚的な課題に対してはキー押しやハンドル操作、ペダル操作等で反応し、聴覚的な課題については発話によって反応する、という方法を取るものが多い。一方、本実験では視覚的な課題に対しては発話で反応し、聴覚的な課題に対してはキー押しで反応することになっていた。本実験ではドット数を口頭で答える間にも、聴覚的な課題の刺激文が呈示され続けていた。口頭でドット数を報告する際には、自分の発話によって刺激文が聞き取れなくなり、そのことが口頭でのドット数の報告を遅延させていた可能性がある。

以上のことをまとめると、聴覚的並行課題は注意の範囲など、視覚情報の処理の正確さに関しては影響を与えないものの、反応時間を遅延させる効果が見られ

た。特に, subitizing のような自動的な処理に基づく反応でさえ遅延が見られ, また聴覚的並行課題の難易に関係なく反応時間が長くなった。このことは, 視覚的な情報処理自体に干渉がなかったとしても, 反応の段階での干渉が大きいことを示している。しかし, 今回の実験では, 視覚的課題に対して音声で答える方法が用いられており, そのために干渉が大きくなった可能性もある。今後, dot-counting 課題以外の課題を用いて, 今回の実験で得られた知見の一般性を検討してゆくことが望まれる。

謝 辞

実験刺激の作成に当たり, 首都大学東京大学院の五十嵐由夏さん, 京都大学大学院の木村洋太さんの協力を得ました。深く感謝いたします。本研究は科学研究費補助金(課題番号 15330157 代表・市原茂)の助成を受けて行われた。

文 献

- Horrey, W. J. & Wickens, C. D. (2004) Cell phones and driving performance : A meta-analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting*.
- 北川智利 (2006) 目で聞き, 耳で見る世界－視覚と聴覚の相互作用について－. 日本官能評価学会誌, **10**, 15-18.
- Kitagawa, N & Ichihara, S. (2002) Hearing visual motion in depth. *Nature*, **416**, 172-174.
- Klahr, D. (1973) Quantification process. In W. G. Chase (Eds.), *Visual Information Processing* (pp.3-34). New York : Academic Press.
- 近江政雄 (2003) 会話の認知負荷が運転パフォーマンスに及ぼす影響, シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」論文・資料集 51-54.
- Oyama, T., Kikuchi, T., & Ichihara, S. (1981) span of attention, backward masking, and reaction time. *Perception and Psychophysics*, **29** (2), 106-112.
- 篠原一光・三浦利章 (2004) 情報機器利用による自動車運転者の注意への肯定的影響と否定的影響, 大阪大学大学院人間科学研究科紀要, **30**, 17-34.
- Strayer, D. L. & Johnston, W. A. (2001) Driven to distraction : Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological Science*, **12** (6), 462-466.
- Trick, L. M. & Pylyshyn, Z. W. (1994) Why are small and large numbers enumerated differently? A limited capacity preattentive stage in vision. *Psychological Review*, **101** (1), 80-102.