

## 横スクロール表示における読みとマジカルナンバー

井関龍太

筑波大学人間総合科学研究科

電光掲示板などに使われるスクロール表示では、静止した文字に対する通常の読みとは異なる過程が要求される。静止した文字の読みでは、読み手が自ら眼球を動かして刺激を読み取る。これに対して、スクロール表示では、文字の方が動いており、読み手は理屈の上では目を動かさずに一点を眺め続けていればすべての情報を読み取れるはずである。このような状況では、通常の静止した文字の読みにおいて得られた知見が一般化されるとは限らないだろう。しかし、その一方で、スクロール読みでも（遅延が生じるとしても）十分な文章内容の理解が得られることは明らかである（中條, 1998; 中條・納富・石田, 1993b; 椎名, 2004）。そこで、スクロール表示における読みの特性を検討することは、特殊な読みの一形態に関する知見を蓄積することに留まらず、読み一般における認知過程の境界条件やその普遍的性質に関する示唆を与えるであろう。本章では、本報告書で述べた研究を中心に、横スクロール表示における読みに関する知見をまとめ、特に注意研究との関連から諸知見に対して理論的考察を加える。

### 1. 横スクロール表示における読みの諸特性

#### 1 - 1 最適表示速度

スクロール表示における読みの研究で最もよく検討されているのは、最適表示速度に関するものであろう。ここでいう最適表示速度（快適速度とも呼ばれる）とは、読み手が表示される文章の内容を読み取るのに最も快適であると感じられるスクロールの速さである。また、以下では、特に断りのない限りは、“スクロール”という語を横書きの文章が右から左に流れていく横スクロールの意味で用いる（縦スクロールの研究については、中條, 1998; 中條・納富・石田, 1993a を参照）。最適表示速度の検討は、英語では、Sekey & Tiez (1982) や Granaas, McKay, Laham, & Hunt (1984), Monk (1984) によって行われている（レビューとして、中條, 1998; Millis & Weldon, 1987）。Sekey & Tiez (1982) によれば、スクロール表示による平均最適表示速度は 96 語／分であった。これに対して、紙で同じ文章を提示した場合の平均読み速度は 278 語／分であった。これらの数値を一語ごとの読み時間に換算し直すと、スクロール表示では 625 ms／語、紙では 216 ms／語となる。スクロール表示の場合には、紙よりもかなり長い時間を要することがわかる。

日本語の最適表示速度を扱ったものとしては、まず、中條他 (1993b) がある。彼らは枠に表示される文字の数を 1～30 文字に操作して読み手に表示速度の調節を求めた。ここで、

スクロール表示において、読み手が一度に見ることのできる刺激の数を表示枠サイズと呼ぶことにする。表示枠サイズは、必ずしも物理的な大きさを指すわけではないことに注意されたい（中條他では、文字単位で操作された）。中條他の結果では、表示枠サイズが1～3文字に増えるにつれて最適速度は急速に速まった。その後、5文字以降では、最適速度は安定してほとんど変化しなくなり、漢字かな混じりの文章では **187 ms**／文字、ひらがなのみによる表記の文章では **196 ms**／文字となった。

ここまで挙げた研究では、スクロールといっても、実験の際には、画面上に刺激は1文字ずつ表示されていた。つまり、ある文字が表示されたら次の文字が表示されるまで、表示枠内の刺激は一定期間静止していることになる。これに対して、電光掲示板などのスクロールでは、文字は静止することなく滑らかに動いている。これは、電光掲示板では、文字ごとではなく、文字を構成する光点ごとに表示が切り替わっているためである。ここで、スクロール表示において、刺激が出現する（切り替わる）単位のことをスクロール単位と呼ぶことにする。この言い方を使えば、上記の研究は文字単位のスクロールを用いていたのに対して、電光掲示板は光点単位のスクロールによっているといえる。このようなスクロール単位が最適表示速度に及ぼす影響を検討したのが窪田・伊藤・岡田・小田（2003）である。彼らは、文字単位のスクロールを用いた場合には、単位とする文字数が多いほど表示の静止時間が長くなることを指摘した。一方で、ピクセル単位でスクロールを行った場合には、この静止時間は極めて小さくなる（窪田他の図3を参照）。彼らはピクセル単位と1～4文字単位のスクロールで文章を表示し、様々な表示時間で主観的な読み取りやすさを尋ねた（7段階評定）。その結果、ピクセル単位のスクロールが他のすべての文字単位のスクロールよりも文章が読み取りやすいと評価された。また、ピクセル単位のスクロールで最も文章が読み取りやすいと評価されたのは、易しい内容の文章について、**6.6**文字／秒の表示速度のときであり、**4.2**文字／秒のときがそれに次いだ。難しい文章のときは、この関係が逆転し、**4.2**文字／秒のときが最適で、**6.6**文字／秒がそれに次いだ。文字単位のスクロール条件でも、**4.2**文字／秒か**6.6**文字／秒のときに各条件内で最も読み取りやすいと評価された（ほとんどの場合、これら2条件ではほぼ同程度か、**4.2**文字／秒のときに評価が高かった）。したがって、どちらのスクロール単位でも、最適速度はこの周辺に落ち着きそうである。比較のために換算し直すと、**4.2**文字／秒は**238 ms**／文字であり、**6.6**文字／秒は**152 ms**／文字である。そこで、ピクセル単位の表示にしたとしても、最適表示速度の推定値は中條他の**187 ms**／文字といった数値とそれほど大きくは変わらないといえるだろう。しかし、文字単位とピクセル単位のスクロールで比べた場合には、明らかにピクセル単位のスクロールで読み取りやすさが高いと評価されたことは注目に値する。このことは、刺激が静止し続けるよりもむしろ運動し続ける方が読み手にとっては快適な読みを可能にすることを意味している。なお、本報告書で述べた実験は、いずれも、ピクセル単位のスクロールを実現する環境によって行われている。

菊地・八木（2007）の実験1では、ピクセル単位のスクロールを用いて、読み手に速度

調整を求める方法によって、最適表示速度を検討した。また、中條他（1993b）と同様に表示枠サイズを操作した。その結果、基本的には中條他とよく似たパターンが得られた。すなわち、表示枠中の文字が1～3文字に増えるにつれて最適速度は急速に増し、5文字以降で変化は小さくなった。しかし、中條他とは異なり、5文字以降の表示枠サイズでも、傾きは小さいものの、最大サイズ（15文字）まで速度は速くなり続けた。この結果は、ピクセル単位のスクロールを用いたことによるものとして解釈されている。表示枠サイズ5文字のときの最適表示速度は184 ms/文字、15文字のときは134 ms/文字であった。

ところで、以上のような最適表示速度とは、どのような読みを反映したものののだろうか。菊地・八木（2007）の実験2では、先行実験から得られた最適表示速度で文章を読むときのエラー検出を検討した。文章には表層的エラー（表記の上での誤り）と文脈的エラー（意味的に不整合な語の使用）が含まれていた。読み手はスクロール表示か紙表示で文章を読むことになっていた。実験の結果、最適表示時間でのスクロール表示と紙表示でのエラー検出に顕著な差は認められなかった。そこで、最適表示時間は、スクロール表示において紙表示と同程度の意味理解ができる時間であると考えられる。また、表層的エラーよりも文脈的エラーの方が検出されやすいことが明らかになった。このことは、読み手が文字の表記のレベルよりも、文章の意味内容のレベルに注目して文章を読んでいることを示している。さらに、菊地・八木（2007）の実験3では、最適表示速度の2倍速い速度と2倍遅い速度での実験も行った。その結果、速度が遅い条件ほどエラー検出が正確になった。ただし、文脈的エラーに関しては、最適表示速度の条件と2倍遅い速度の条件の間に違いがなく、最適速度において意味理解は上限に達していることが伺える。表層的エラーの検出が上限に達するにはなお最適速度より遅い速度が必要とされるということから考えて、このこともまた、最適表示速度が表記の上での理解ではなく、意味内容の理解に焦点を当てたものであることを示しているといえる。

## 1 - 2 スクロール表示の読みの処理単位

表示枠サイズを検討する際には、枠内に表示される文字の数が操作されていた。このことは、スクロール表示の読みにおける処理単位は文字であることを前提としている。菊地・八木（2007）は、文字の物理的サイズを2種類（ $0.58^\circ$  と  $0.78^\circ$ ）用意して最適表示速度を検討した。物理的サイズに合わせて枠のサイズも変えた。その結果、最適表示速度は文字の物理的サイズによる影響を受けなかった。どちらの物理的サイズでも表示枠サイズ（文字の数）の効果が顕著であった。表示枠サイズの変化に伴う最適表示速度の関数は、2つの物理的サイズでほぼ重なっていた。このことから、少なくとも、物理的サイズは最適な読みを成立させるための処理単位ではないこと、文字単位の処理が行われていることが示唆される。

## 1 - 3 スクロール表示の読みへの周辺視の貢献

菊地・八木 (2007) では、中條他 (1993b) と異なり、表示枠サイズを5文字以上に増やした場合もなお最適表示速度が加速し続けた。15文字という表示枠サイズは、明らかに日本語の読みにおける有効視野を越えている(移動窓法によるサッケード距離は、最大で5～6文字: 苧阪, 1998)。そこで、一度に7文字以上の情報を表示することに効果があるとするなら、それは中心視野の外側の周辺視を活用したものであると考えることが適当であろう。森田・八木・菊地・椎名 (2007) は、スクロールする刺激を表示する枠の外側に、随時注意を向ける必要のある刺激を提示する条件を設けて最適表示速度を検討した。実験の結果、枠の外側の刺激に注意を向ける必要のある条件では、同刺激を無視してよい条件よりも、最適表示速度が遅くなった。さらに、この効果は、刺激を表示枠の右に提示した場合と左に提示した場合で異ならなかった。一般に読みの有効視野は左右非対称であることを考えると、このことは特殊であるように思える。しかし、有効視野の非対称性は生得的なものではなく、日英語のように左から右に読む言語の話者では右方向に広く、右から左に読むヘブライ語の話者では左方向に広いと言われる(苧阪, 1998)。したがって、有効視野の非対称性は、読みの状況に依存すると考えられる。このことを前提とすると、スクロール表示における読みでは、紙による表示や移動窓法による提示における読みとは視野の制御法が異なるといえるかもしれない。横スクロール表示では、読み手は必ずしも眼球を動かす必要はない。文字列は右から左に流れるが、読み手はある一点のみを注視してすべての刺激が提示され終わるまで待ち続けることができる。速く読み終わってしまった場合は枠の右端まで目をやって刺激を待ってもいいし、読みそこなった場合には、逆に、左端に目をやって読みそこなった文字を待ち構えてもいい。このように、スクロール表示の読みにおける眼球運動の研究は極めて重要な情報をもたらすはずである(通常の読みにおける眼球運動については、Findlay & Gilchrist, 2003 など)。スクロール表示の読みにおける眼球運動を検討したものとしては、中條他 (1993a) がある。彼らは最適表示速度のスクロール表示におけるサッケード運動の頻度は通常の読みよりも少ないことを報告している。このことは、スクロール表示における読みでは、眼球をあまり動かさずに情報を読み取る方略が用いられていることを支持する。しかし、現在、われわれの研究室で行っている研究では、メインの表示枠の右隣にもう1つの表示枠を提示したところ、文章の意味内容に基づく効果が生じることが見出されている。このことは、スクロール表示の読みにおいて通常とは異なる視野制御が行われているということに反するものではないが、周辺視が何らかの形でスクロール表示の読みに貢献することを示唆している。スクロール表示の読みにおける眼球運動パターンを詳細に明らかにするには、さらなる研究が必要である。

#### 1 - 4 スクロール表示の読み研究のまとめ

これまでの研究から明らかになった点をまとめると、日本語の横スクロール表示における文章の読みでは、(1) 最適表示速度は一般に **190 ms**/文字前後になること、(2) 3～5文字の表示枠サイズの前後で最適表示速度の関数の不連続性が見られること、(3) なる

べく刺激が運動し続けている方が読みやすいことが明らかになった。また、さらなる検証を必要とすると思われるが、(4) 処理単位は(通常の読みと同じく)文字であること、(5) 通常の読みに比べて眼球を動かさずに読んでいること、(6) 周辺視が何らかの形で貢献していることが示唆されるであろう。以下では、このうち、3～5文字前後で不連続性が見られること、文字を単位として処理がなされること、刺激が運動していても処理できるという特性について、サビタイジングという現象を参照しながら考察を加えていきたい。その後、より一般的な情報処理限界との関連を論じる。

## 2 . サビタイジングにおける処理限界

### 2 - 1 サビタイジングはなぜ起こる

3～5個の刺激とそれ以上の個数の刺激の処理に不連続性が見られる現象として、サビタイジングを挙げることができる(レビューとして、**Trick & Pylyshyn, 1994**)。画面上にドットなどのターゲット刺激を提示してその個数を数えることを求めると、3個か4個までの刺激であれば、かなりすばやく正確に数えることができる。刺激群を見てからその個数を報告するまでの時間は、1～3個、または、1～4個の刺激のときには、個数が増えてもほとんど変化しない。これに対して、刺激の個数が5個以上に増えると、報告までの時間は個数に伴って急激に増大し、誤りも多くなる。3または4個以下の刺激を数えるときに働く過程は、サビタイジング(**subitizing**; 即座の把握)と呼ばれる。一方、5個以上の刺激を数えるときに働く過程は、カウンティング(**counting**; 計数)と呼ばれ、区別される。

サビタイジングとカウンティングの区分がなぜ生じるのかについては諸説ある。**FINST (Finger of INSTantiation)**理論によれば、大体4個までの刺激ならばすばやく正確に処理できるのは、前注意段階から注意段階に情報を送る際に利用できるポインタ(**FINST**)の数が4個に限られているからである(**Trick & Pylyshyn, 1994**)。そのため、前注意段階で利用可能な情報のみに基づいて刺激を弁別できる場合にはサビタイジングが起こるが、注意レベルの分析を要求する刺激に対しては、サビタイジングは起こらないはずである(反応時間は刺激の個数に対して一次関数を描く)。**Trick & Pylyshyn (1993)**は、このことを実験的に確認した。彼女らの実験では、ターゲット刺激とともに妨害刺激が提示された。ある条件では、ターゲット刺激は横方向の白い線分(または、縦方向の緑の線分)、妨害刺激は横方向の緑の線分であった。この条件では、色(または、方向)というプリミティブな特徴情報のみに基づいて、すなわち、前注意段階の働きのみで刺激を弁別できる。別の条件では、ターゲット刺激は縦方向の白い線分、妨害刺激は縦方向の緑の線分と横方向の白い線分であった。この条件では、色と方向の組み合わせ(バインディング)に基づいて刺激を弁別しなければならない。このような組み合わせ情報の分析には、注意段階の処理を要すると考えられる。実験の結果、特徴情報のみに基づいて分析が可能な条件では、タ

ターゲット刺激の個数に伴う反応時間増加の不連続性が見られたが、組み合わせに基づく弁別が要求される条件ではサビタイジングとカウンティングの分離は見られなかった。

サビタイジングが生じる理由を説明する理論としては、他にパターン説と呼ぶことのできるものがよく取り上げられる。これは、すばやく刺激を数えるように求められたときには、画面上の刺激の配置が描くパターンに基づいてその数が推定されるとする理論である。1～4個までの刺激から作られるパターン（様々な形態の四角形までの幾何学図形など）は、5個以上の刺激から構成されるパターン（五角形以上の幾何学図形）よりも、単純で、目にする機会が多いことから反応時間とエラー率の不連続性が生じるものと説明される。しかし、**Trick & Pylyshyn (1994)** も指摘するように、パターン説では、幾何学図形を構成しない刺激配置の場合になぜサビタイジングが生じるのか（直線上、円周上に刺激を配置するなど）を説明できないし、上記の **Trick & Pylyshyn (1993)** の結果も説明できない。以下では、本稿の論点と関連するサビタイジングの他の2つの特性について論じる。

## 2 - 2 サビタイジングにおける処理単位

サビタイジングは、前注意段階において分析可能な情報に基づいて生じることを述べた。しかし、このことは、サビタイジングが単純な刺激にしか起こらないことを意味しない。**Trick & Enns (1997)** の実験では、ドットからなるグループ（::を45°回転させたものなど）を1つの刺激と見なして数えてもらった。その結果、ドットグループからなる刺激にも、ドット間を実線でつないだ刺激と同じようにサビタイジングが生じた。ただし、画面中に妨害刺激（ターゲットを45°回転させたもの）を加えると、実線でつないだ刺激にはサビタイジングが見られたが、ドットグループにはみられなかった。**Trick & Enns** は、ドットの知覚的グルーピング（彼女らの用語では、“**element clustering**”）は前注意的に行われるが、他のグルーピング候補が存在する場合には注意要求的な過程（同じく、“**shape formation**”）が必要とされるためであると論じている。この知見は、サビタイジングが起こる単位は、画面上の刺激構成のみに依存するのではなく、観察者の主観によっても変化することを示唆している。

近年の研究は、サビタイジングがオブジェクト単位で生じることを主張している。**Davis & Holmes (2005)** は、主観的輪郭線を利用してこのことを検証した。数えるべき対象が遮蔽による主観的輪郭図形の両端にあるときは、主観的輪郭を構成しない別々の図形上にあるときよりも、サビタイジング範囲（1～4）での数の弁別が遅くなった。つまり、数えるべき対象の単位が主観的に構成されるオブジェクトと一致しないときには、数えることが相対的に困難になった。そこで、サビタイジングは、オブジェクトを単位として起こることが論じられた。**Watson, Maylor, & Bruce (2005)** は、まったく別の方法を用いて同じ結論に至っている。彼らは複数の色のドットからなる画面を提示したが、ドットの数ではなく、画面上に何種類の色があるかを数えることを求めた。実験の結果、反応時間の差が小さかったのは1色と2色の場合の間のみで、その差分も一般的にサビタイジ

ングとして得られるものよりはずっと大きかった。この結果は、色でなく、線分の方向が何種類あるかを数える課題にした場合にも同様であった。そこで、サビタイジングは、特徴ベースではなく、オブジェクトベースで起こると結論された。

以上のことから、サビタイジングは、少なくともある条件のもとでは、物理的な特徴ではなく、オブジェクトを単位として生じるといえるだろう。このことは、横スクロール表示における読みが、物理的な刺激のサイズではなく、文字の数に依存していたことに似ている。したがって、どちらもオブジェクト以上の処理単位による、比較的高次の過程であると考えられる。

### 2 - 3 運動刺激に対するサビタイジング

横スクロール表示では、文字は常に運動している。この状況と比較するなら、運動刺激にもサビタイジングが生じるのかを検討しておくことは重要であろう。ターゲット刺激が運動する場合にも、静止刺激と同様にサビタイジングが見られるかについては、複数の研究がなされている。**Trick, Audet, & Dales (2003)** は、個々のドットがランダムに運動する場合に、**Alston & Humphreys (2004)** は、すべてのドットが少しずつ同じ方向に移動し続ける場合に、サビタイジングが見られることを報告している。また、**FINST** 理論は、サビタイジングだけでなく、**MOT (multiple object tracking)** も説明することを意図している (**Trick & Pylyshyn, 1994**)。MOT 課題では、観察者は複数の運動するドットを追跡することを求められる。最初に画面上に多数のドットが提示されており、そのうちのいくつかは点滅する。点滅したドットがターゲット刺激となる。点滅を終えると、ターゲット刺激は他のドットと区別がつかない。ドットは点滅を終えると画面上を数秒間ランダムに動き続ける。ドットが静止した時点で、観察者は指定されたドットがターゲット刺激であったかどうかを報告する。このような MOT 課題において追跡できる数もまた **FINST** によって規定されており、一般に、3 個から 5 個の間で不連続性が見られることが知られている (レビューとして、**Cavanagh & Alvarez, 2005**)。そこで、運動刺激についても、サビタイジングと同じか、それに似た限界が生じる可能性があるといえよう。

### 2 - 4 スクロール表示の読みとサビタイジング

それでは、このようなサビタイジングの現象は、横スクロール表示における最適表示時間の不連続性とどのように関係するだろうか。3～5文字の表示枠サイズと3個か4個の刺激個数という不連続点の数値は似ている。しかし、刺激の数と時間を軸とする関数を描いた場合、両者の関係はちょうど逆転しているように見えるだろう。つまり、横スクロールにおける最適表示時間は、3～5個までは急速にすばやくなり、その後、変化は緩やかになる。これに対して、刺激を数える課題の反応時間は、3、4個まではほとんど変化せず、その後、個数とともに顕著に増加し続ける。ただし、ここで、2つの状況における課題要求を詳細に検討する必要がある。これらの状況では、なるべく速くすべての刺激を一

度に捉えること（すなわち、注意の窓にできるだけ多くの刺激を収めること）が求められる。すべての刺激を一度には捉えられないとしても、処理の回数を少なく抑えるほど速く課題は達成できる。そこで、これらの課題では、一度に捉えられる数の上限がパフォーマンスに反映されるだろう。しかし、刺激を数える課題では、通常、すべての刺激が画面上に同時的に提示される。そして、ある一時点での視覚場面对して一回の反応のみがなされる。これに対して、横スクロール表示では、一度に視認できる文字の数は表示枠サイズに依存する。反応は、ある一時点での刺激の認識によるのではなく、連続的なイベント全体（具体的には、多数の文字列から構成されるひとつながりの文章を読むという経験）の認識によっている。そこで、処理できる刺激の数の上限は、それぞれ違ったふうに現れてくるだろう。刺激を数える課題では、上限が4個であるとすれば、1～4個までは最高のパフォーマンスを発揮できるのに対して、それ以降ではパフォーマンスは悪化の一途をたどる。横スクロール表示の読みでは、表示枠サイズが4個になるまでは最高のパフォーマンスを発揮できないので、最適表示速度は遅く設定される。1～3文字の表示枠の場合、表示された文字が4個程度になるまで、読み手は待つ必要があるかもしれない。一方、5文字以降では、既に一度に捉えられる刺激の数は上限を迎えているので、変化は小さくなる。ただし、ピクセル単位のスクロールを用いた場合には、5文字以上の枠サイズでも、さらに最適表示速度は加速し続けるかもしれない（菊地・八木, 2007）。このことは、ピクセル単位のスクロールによって文字列の運動が一樣に近くなったために、周辺視を利用しやすくなった結果であるかもしれない。文字単位のスクロールによって急速な静止と運動が繰り返されたとすれば、その不規則性に注意が捉えられる可能性があるからである（サビタイジングにおいて、運動刺激が静止刺激よりも注意を捉えることを示した研究として、Alston & Humphreys, 2004）。

### 3．情報処理限界とスクロール表示の読み

#### 3 - 1 一般的情報処理限界としてのマジカルナンバー 4

前節では、視覚的に提示された刺激について、極めて効率的に数えることができるのは4つ程度までであるという知見について論じた。また、横スクロール表示の読みにおいて、最適表示速度が急速に変化するのは3～5文字の間であるという報告が複数得られていることも述べた（中條他, 1993b; 菊地・八木, 2007）。これによく似た限界は、他の領域においても見出されている。例えば、菊地（1991）は、ひらがな8文字を円周上に配置した画面を短時間提示して、すばやくマスク刺激（パターンマスク）を続けた。文字刺激の提示時間は**40 ms**から、観察者がすべての文字を報告できるまでじょじょに増やしていった（最大値は、最も長い時間を要した観察者について、**1,400 ms**弱であった）。マスク刺激の後に、観察者はできるだけたくさんの文字を報告することになっていた。正答報告数は、刺激の提示時間が長くなるほど高くなった。このとき、**40～200 ms**の提示時間では、正答報告数



は急速に増加し、3～4個となった。しかし、その後、**250～700 ms**の提示時間では、報告数はほとんど増加せず、横ばいの状態が続いた。個人差はあったものの、**800 ms**前後の提示時間になると再び報告数が増加し、完全正答に至った。この研究からは、視覚的短期記憶にある文字は4個程度まで報告できることが伺える。マスク刺激のため、文字の報告時に感覚記憶（アイコニックメモリ）が使用されたとは考えられない。また、**800 ms**前後の提示時間では、意図的な符号化の努力（音韻的リハーサルなど）ができたために報告数を増やせたと推測されるが、**200～700 ms**の提示時間では、そうした努力の影響は見られず、長い提示時間の際に働いていたのとは異なる過程によっていたものと思われる。そこで、この期間のパフォーマンスは、感覚記憶とも音韻的リハーサル過程とも異なる視覚的短期記憶の限界を反映すると考察された。こうした結果は、他の視覚的注意と記憶に関わる課題でも見出されており、菊地（1992）は、視覚的情報処理における限界が4つになるのではないかと推測している。

人間の情報処理における一般限界としては、**Miller（1956）**のマジカルナンバー7が有名である。しかし、マジカルナンバーは4つであると主張する研究者も少なくない（レビューとして、**Cowan, 2001**）。**Cowan（2001, 2005）**は、視覚情報に留まらず、すべてのモダリティに関与する中央容量限界としての注意の焦点を構想し、その容量限界は4であるという仮説を立てている。この仮説の下位仮定によると、意図的な記憶の検索（再生と一部の再認）を行う際には、人間は想起しようとしている項目をいったん注意の焦点に持ってこなければならない。そのため、一定の環境のもとでは、注意の限界と同様に、記憶の限界もまた4項目に限定される。この項目の単位は、チャンク、あるいは、バインディングと呼ばれるもので、状況依存的に変動しうる（チャンクの厳密な定義について、さらなる具体化の必要があることは**Cowan, 2001, 2005**でも論じられている）。この点は、サビタイジングにおけるオブジェクト単位の処理に似ている。**Cowan**はこうした一連の機構をワーキングメモリのメカニズムとして提案しており、したがって、4という中央容量限界は、すなわち、ワーキングメモリの限界でもあることになる。

それでは、このような注意の限界、あるいは、マジカルナンバーは、横スクロール表示における読みのような、継続的な処理を要求される状況にも適用されるのだろうか。注意を継続的に向けなければならない状況としては、先に挙げた**MOT**課題がある（**Cavanagh & Alvarez, 2005**）。**MOT**課題において追跡できる刺激の最大数は、個人間の平均で3～5項目であり、**Cowan（2001）**によれば、この結果もまた注意の焦点の限界を反映している。さらに、文を読みながらの情報処理の限界という点において、リーディングスパン課題のパフォーマンスも参考になるだろう。リーディングスパン課題の典型的な手続きでは、文を声に出して読み上げながらその文中の単語をおぼえてもらう。例えば、刺激文が2文の場合なら、“老人は私を隣に座らせ、風変わりな話を聞かせてくれた。母親は封筒の名前を初めて見たとき、ひどく驚いた。”といった、無関連な内容の2つの文を間を空けず続けて読み上げてもらい、その直後に下線部の単語を思い出すことを求める。同様に、3文、4

文と連続する刺激文の数を操作して、いくつかの刺激文までならすべての単語を想起できるかを測定する。こうすることで、各人が文を読み上げながらおぼえることのできる単語の最大数を調べることができる。森下・苧阪（2005）は、この課題を用いた19の研究のデータをリストアップして、平均保持単語数が3.10（ $SD = .37$ ，範囲=2.4～3.9）になることを示した。このことから、文を読んでいるときに適用される処理限界は、やや小さく、3程度であると考えられる。継続的に文に注意を向ける必要があるときの処理限界もまた他の状況における限界に近いといえるだろう。そこで、横スクロール表示の読みにおいても、同様の限界が（ただし、文字単位で）働くと考えることは可能である。限界の単位は課題状況に依存すると思われるが、この変換が正当化されるか否かを問うには、限界画定における単位（チャンク）の問題を解決しなければならない（Cowan, 2001, 2005）。

### 3 - 2 今後の課題：注意の機能とスクロール表示の読み

横スクロール表示の読みにおいて、3～5文字前後で最適表示速度の不連続性が見られること、文字を単位として処理がなされること、刺激が運動していても処理できることについて、一般的情報処理限界の観点から考察してきた。最適速度の不連続性については、注意かつ／または記憶の容量限界を反映するという可能性を論じた。また、文字などの比較的高次の人工物を単位とすることができるという特性は、サビタイジングや一般情報処理限界にも通じるところがある。

残る運動刺激への適用可能性についても、同じことがいえる。しかし、運動する対象の認知については、なお不明な点が多い。文字列がときどき静止するよりも一様に運動し続ける方が読みやすいと評価されることは既に述べた（窪田他, 2003）。これに対して、菊地・森田（2007）は、一行ずつ一定時間表示する方法とピクセル単位のスクロールにおいて、表示枠サイズの増加に伴う最適表示時間に違いが見られないことを報告している。この結果は、一行ずつ表示の方がスクロール表示よりも最適表示時間が速かったという Sekey & Tietz（1982）とは一致しない。しかし、Sekey & Tietz は、ピクセル単位ではなく、文字単位のスクロールを用いていた。すると、なめらかにスクロールし続けるか（ピクセル単位のスクロール）、なるべく長く静止し続ける（一行ずつ表示）場合には読みやすく、小刻みに運動と静止を繰り返す場合（文字単位のスクロール）にのみ、読みが困難になると考えられる。以上のことは、なめらかなスクロールが読みやすいのは、単純に、視覚にとって運動が好まれるためではなく、運動するにせよ静止し続けるにせよ、一様であることが重要であることを示唆している。このことは、運動と静止の間で注意の補足や切り替えが生じていることによるだろう。そこで、スクロールする刺激の認知を探ることは、運動刺激の認知に対する注意の研究として捉えることもできるように思われる。このように一般化して考える場合、観察する刺激は必ずしも文章や文字列である必要はないかもしれない。チャンキングが生じることを防いで処理の単位を明確にするには、無意味な文字列や図形の使用も考慮に入れてよいだろう（Cowan, 2001）。課題も読みや最適表示速度の調整以外

の新たなものに拡張されるだろう。

また、川の流れを見るときのように、スクロール表示では、同じ特定の文字を見続けるのではなく、次々に別の文字に注意を移動させながらも、1つの連続性を持ったイベントの知覚を志向するという点において独特である。スクロール表示における読みの研究は、このような運動系列全体の認知についても示唆を与えることが期待される。

最後に、本章ではあまり触れられなかったが、周辺視との関わりも興味深い。ピクセル単位のスクロールでのみ、5文字以上の表示枠サイズでも最適表示速度が加速し続けるというパターンが頑健なものであるとすれば、なめらかな運動の継続と周辺視の間にどのような関係が成立しているのかという研究課題が生じるだろう。このことは、周辺視における運動の知覚が視覚経験に影響を及ぼすというダイナミックな過程の解明につながっていくと思われる。

## 引用文献

- Alston, L., & Humphreys, G. W. (2004). Subitization and attentional engagement by transient stimuli. *Spatial Vision*, **17**, 17-50.
- Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, **9**, 349-354.
- 中條和光 (1998). スクロール表示と読みの情報処理 苧阪直行 (編) 読み-脳と心の情報処理 朝倉書店 pp. 104-118.
- 中條和光・納富一宏・石田敏郎 (1993a). スクロール表示の読みと眼球運動 日本心理学会第57回大会発表論文集, 815.
- 中條和光・納富一宏・石田敏郎 (1993b). 横スクロール表示の読みの速度に及ぼす文字数の効果 心理学研究, **64**, 360-368.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 87-185.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York: Psychology Press.
- Davis, G., & Holmes, A. (2005). What is enumerated by subitization mechanisms? *Perception & Psychophysics*, **67**, 1229-1241.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and seeing*. Oxford University Press. (フィンドレイ, J. M.・ギルクリスト, I. D. 本田仁視 (監訳) (2006). アクティブ・ビジョン-眼球運動の心理・神経科学- 北大路書房)
- Granaas, M. M., McKay, T. D., Laham, R. D., & Hurt, L. D. (1984). Reading moving text on a CRT screen. *Human Factors*, **26**, 97-104.
- 菊地正 (1991). 文字の注意の範囲と視覚マスキング 筑波大学心理学研究, **13**, 23-31.
- 菊地正 (1992). ひと目で処理できる情報には限界がある 金子隆芳 (監修) 心理学フロンティア-心の不思議にせまる- 教育出版 pp. 17-25.
- 菊地正・森田ひろみ (2007). 横スクロール表示と縦に文章が送られる表示方法における読みの速度と読みやすさ 菊地正 (研究代表) 平成 17-18 年度科学研究費補助金基盤研究(C)研究成果報告書 スクロール提示される文章の読みやすさの規定要因と表示周辺の有効視野 (課題番号 17530524) pp. 70-79.
- 菊地正・八木善彦 (2007). 横スクロール表示の文字数と速度が読みに及ぼす影響 菊地正 (研究代表) 平成 17-18 年度科学研究費補助金基盤研究(C)研究成果報告書 スクロール提示される文章の読みやすさの規定要因と表示周辺の有効視野 (課題番号 17530524) pp. 23-58.
- 窪田悟・伊藤瑞穂・岡田想・小田泰久 (2003). 横スクロール文字の可読性 映像情報メディア学会誌, **57**, 1595-1597.

- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, **63**, 81-97. (ミラー, G. A. 高田洋一郎 (訳) (1972). 不思議な数“7”, プラス・マイナス2—人間の情報処理容量のある種の限界—ミラー, G. A. 高田洋一郎 (訳) 心理学への情報科学的アプローチ 培風館 pp. 13-44.)
- Millis, C. B., & Weldon, L. J. (1987). Reading text from computer screens. *ACM Computing Surveys*, **19**, 329-358.
- Monk, A. F. (1984). Reading continuous text from a one-line visual display. *International Journal of Man-Machine Studies*, **21**, 269-277.
- 森下正修・荻阪直行 (2005). 言語性ワーキングメモリにおける情報の貯蔵と処理—心理学評論, **48**, 455-474.
- 森田ひろみ・八木善彦・菊地正・椎名健 (2007). 周辺刺激が横スクロール表示の読みに及ぼす影響—菊地正 (研究代表) 平成 17-18 年度科学研究費補助金基盤研究(C)研究成果報告書—スクロール提示される文章の読みやすさの規定要因と表示周辺の有効視野 (課題番号 17530524) pp. 80-105.
- 荻阪直行 (1998). 移動窓による読みの実験的研究—周辺視と読みの関係— 荻阪直行 (編) 読み—脳と心の情報処理— 朝倉書店 pp. 17-41.
- Sekey, A., & Tietz, J. (1982). Text display by “saccadic scrolling”. *Visible Language*, **16**, 62-77.
- 椎名健 (2004). スクロール表示とスタイル表示における読み—基礎心理学研究, **23**, 70-75.
- Trick, L. M., Audet, D., & Dales, L. (2003). Age differences in enumerating things that move: Implications for the development of multiple-object tracking. *Memory & Cognition*, **31**, 1229-1237.
- Trick, L. M., & Enns, J. T. (1997). Clusters precede shapes in perceptual organization. *Psychological Science*, **8**, 124-129.
- Trick, L. M., & Pylyshyn, Z. W. (1993). What enumeration studies can show us about spatial attention: Evidence for limited capacity preattentive processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **19**, 331-351.
- 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**, 80-102.
- Watson, D. G., Maylor, E. A., & Bruce, L. A. M. (2005). The efficiency of feature-based subitization and counting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **31**, 1449-1462.