幼児の能力を検討することであった。相互交渉場面において、他者理解高水準児が指示を多く行い、他者理解低水準児がそれに応答することが多いことが分かった。このことから、課題に反映していると考えられることとして、今、ここで何が起こっているのかを把握し、それを解決するために自分自身は何をしなければならないかを考える力があるのではないだろうか。実験者との課題場面において実験者から求められているものを理解することと、協同操作課題で遊びがスムーズに進み、楽しいものになるかを考えることは似ているのではないだろうか。

また、本研究によって共感性や役割取得を捉えられたかどうかは明らかではなかった。実験場面のように大人とかかわる経験や言葉をうまく使って気持ちを表現できるか、など様々な子ども自身の経験的変数によって課題の結果が異なってくることも考えられる。今後、子どもにとっての課題の意味を考え、課題の回答が示しているものを的確に捉えていくことで、子どもの他者理解能力を促進させる要因に関する考察がより深まるのではないだろうか。

本研究の問題点として、事後調査対象児が少なく、統制群を用意できなかったことがあった。そのために、他者理解を促進させると考えられる相互交渉形態を十分に検討することができなかった。また、事前調査と事後調査の実施期間が離れていたため、協同操作課題以外の要因によって他者理解が促進されたことも考えられる。

しかし、本研究では、課題によって同定された他者理解水準によって他者とのかかわり方に違いが見られた。また、同定された他者理解水準を他者とのかかわりにおいて発揮していくためには、それを受け止めてくれる他者の存在が必要であることも示唆された。これらのことから、幼児の他者理解を促進させるのは他者とどのような相互交渉を行ったかということに加え、どのような他者と相互交渉を行ったかということも重要なのではないかと考えられる。

引用文献

有馬　比呂志　1993　幼児の共感性に関する研究－4つの感情状況における共感反応－　広島文教女子大学紀要，28，105-114.

浅川　潔司　1991　幼児期の共感性の発達－役割取得水準と共感反応の関係について　日本教育心理学会第33回総会発表論文集，111-112.

浅川　潔司　1993　友達の気持ちを思いやる心を育てる－共感性、感受性を高める　児童心理，47，611-616.

橋本　巌　1989　役割取得能力から見た社会性の発達　教育と医学，37，869-876.

姜　信善　1995　子どものリファレンシャルコミュニケーションにおける視点取得の役割　乳幼児教育学研究，4，57-67.

丸野　俊一　1991　社会的相互交渉による手続き的知識の改善と“自己－他者”視点の分化・獲得　発達心理学研究，1，116-127.

澤田　瑞也　1993　共感の心理学－そのメカニズムと発達－　世界思想社

渡辺　弥生・瀧口　ちひろ　1986　幼児の共感と母親の共感との関係　教育心理学研究，34，324-331.

山岸　明子　1981　2種の認知的役割取得能力に関する発達的研究　教育心理学研究，29，333-337.

謝辞

本研究を進めるにあたって、研究に快く協力してくださった幼稚園の先生方、子どもたちに深く感謝しております。ありがとうございました。子どもたちの健やかなる成長を心からお祈りしています。

また、卒業論文作成にあたり、高木和子先生、立命館大学大学院文学研究科の結城匡彦さんには、多くの助言をいただき、大変お世話になりました。楽しく研究に取り組むことができました。本当にありがとうございました。

文字列が傾いて見える錯視における水平成分の役割

小　原　未　紗

序　論

錯視とは、ある条件で知覚されたものが、本来の物理的な性質とは異なって知覚される現象である。錯視の現象は実験室の中で観察される錯視図形にだけに特有の現象ではなく、類似の現象を日常的な事例に見つけることができる。今日のインターネット上の掲示板では、文章で意見をやり取りするだけではなく、アスキーアート（AA）と呼ばれる文字で描いた絵を使って自己主張をすることもある（図1）。

AAの種類の一つには、パソコンの機能を使えば同じ文字を複数羅列することが簡単にできる特徴を利用し、単語を連続して並べることで文字列を傾けて見せるものが存在する。たとえば、「杏マナー」という単語を大量に並べると、文字列が左右に傾いて見える（図2）。「杏マナー」文字列は2005年12月11日、インターネット上の掲示板「ふたばちゃんねる」（http://www.2chan.net/）

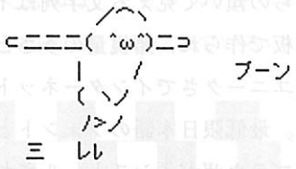

図1　インターネット上の掲示板で書き込みに使われるAAの例。両手を伸ばして走る人間を表現している。

杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー
杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー
杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー
ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏
ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏
ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏
杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー
杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー
杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー杏マナー
ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏
ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏
ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏ーナマ杏

図2　文字列が傾いて見える錯視の例。文字列は全て平行に並んでいるが、上から3段ずつ、右左右左に傾いて見える。

に投稿されている作品を筆者が偶然見つけたものである。この掲示板は匿名掲示板であったため、文字列の作者は不明である。この文字列は、本来一つ一つの文字や文字列は水平に並んでいるにもかかわらず、文字列全体は傾いて知覚される。また、フォントや文字間によって傾きの方向は変化しないが、傾きの量が変化する。

これらの傾いて見える文字列はインターネット掲示板で作られ、錯視量の多さと文字列そのもののユニークさでインターネット上に広まっている。最低限日本語のフォントと、インターネットブラウザがインストールされたパソコンがあれば、誰もが手軽に文字列が傾く錯視を作成し、閲覧することができる。

文字列が傾いて見える理由として、以下のことが予想できる。日本語には片仮名、漢字と水平成分を含んだ文字が多く存在し、必然的に文字列に水平成分を含んだ文字が含まれている可能性が高い。例えば杏マナーという文字には、杏は「木」と「口」に含まれる横格、「マ」の横格、「ナ」の横格、「一」自身、といった水平線分が確認できる。また、図3のように、これらの水平線分は、「杏マナー」という単語全体の中では階段状に右下がりに並んでいる傾向がある。図2の1段目の文字列が右下がりに見えることから、単語全体の右下がりの傾向が、文字列の傾きに影響されるのではないかと考えられる。逆に、図2の4列目の文字列のように、「一ナマ杏」と並べれば、単語中の水平線分は階段状に右上がりに並び、文字列は右上がりに傾いて知覚されるようになる。このことから、文字列の中にある水平成分が文字列全体の傾きを作り出しているのではないかと考えられる。

文字列が傾いて見える錯視は傾き錯視であると考えられる。これまで知られている傾きを知

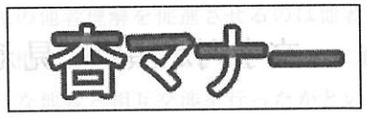

図3　文字の水平線分に印をつけ、高さを比べた図。単語中の水平線分が全体として右下がりの階段状に並んでいることが、文字列が傾いている原因のひとつになっている可能性が指摘できる。

覚させる古典的な幾何学的錯視の代表例として、ツェルナー錯視、フレーザー錯視、カフェウォール錯視が挙げられる。

ツェルナー錯視（Zöllner illusion）は、ある線に別の線分が交差するときにできる交差角のうち、線分の傾きの方向とは逆に線が傾いて見える、鋭角を過大視する錯視である（図4）。ツェルナー錯視の錯視量が最大になる場合は、森永（1933）によれば線分の交差角が、20~30°の間であり、Oyama（1975）によれば線分の交差角が15~30°の間である。一方、ツェルナー錯視は線分の交差角が増大すると角度過少視錯視になることが知られており、Kitaoka and Ishihara

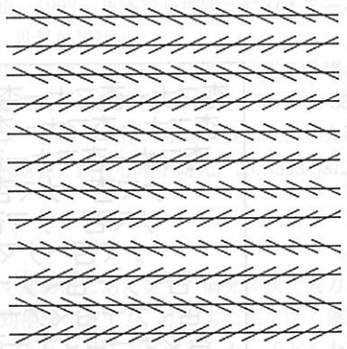

図4　ツェルナー錯視の例。平行線に斜めの線分を複数交差させている。交差角の鋭角側を過大視するため、右下がりの斜線が交差している1列目が右上がりに、右上がりの斜線が交差している2列目の線分が右下がりに見える錯視である。この図の斜線の角度は25°である。

（2000）によれば、線分の交差角が36~90°、Stuart and Day（1988）によれば18~45°の範囲でツェルナー錯視が角度過少視錯視になるとされている。また、ツェルナー錯視は局所的な錯視であり、2本の線が視角0.5~1°の範囲で接近している必要がある（Oyama, 1975）。

フレーザー錯視（Fraser illusion）は、ツェルナー錯視とは反対に、傾きの角度の小さい斜線を複数並べると角度過小視錯視が起こり（Fraser, 1908）、並べた斜線と同じ向きの大きい斜線が知覚される錯視である（図5）。この錯視は、ねじれひも錯視（twisted cords）とも呼ばれている。フレーザー錯視には三角形の尾ひれが付いているが、円形や正方形の尾ひれでも錯視が認められる（Stuart and Day, 1991）。

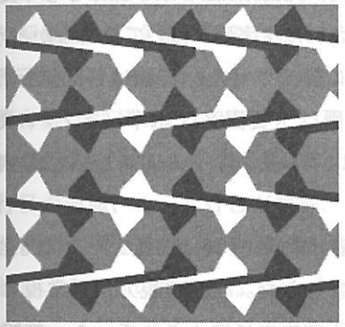

図5　フレーザー錯視の例。傾き角度の小さい斜線をたくさん並べている。斜線の鋭角を過小視することから、斜線の集まりが斜線の方向と同じ方向に傾いて見える。1段目が右下がり、2段目が右上がりに傾いて見える。

カフェウォール錯視（Café wall illusion）は、水平に並べた正方形のタイルが誘導図形になっており、タイルの列が左右に傾いて見え（図6）、主線の明るさが2種類の誘導図形の明るさの間にあるとき成立する（Gregory and Heard, 1979）。また、誘導図形の列のズレが周期の4分の1のとき、錯視量が最大になる（Moulden and Renshaw, 1979）。カフェウォール錯視の原因の説明としては、角と線のコントラスト極性が一致すれば角度を過小視する側にエッジと線の全体が傾いて見え、不一致ならば角を過大視する側に傾いて見える、コントラスト極性説（Kitaoka et al., 2004）が新しい。カフェウォール錯視の主線を黒くしたものは、ミュンスターベルグ錯視（Münsterberg illusion）と呼ばれている。

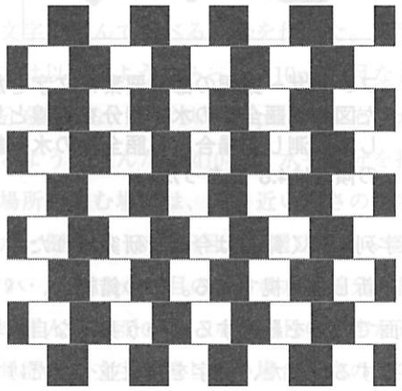

図6　カフェウォール錯視の例。正方形は水平に並んでいるが、グレーの線を入れることで歪んで見える。白と黒の正方形の周期が時計回りに1/4ずれると、時計回りに傾いて見える。

これらの傾き錯視の中でも、フレーザー錯視の局所的要素は、文字列の傾き錯視の局所的要素（図3）に似ていると考えられる。図7はフレーザー錯視と文字列の傾き錯視を合成した図形である。文字列の傾き錯視にはフレーザー錯視のような矢羽はないが、文字列の水平線分を直線に見立てた場合、水平線分の並び方がフレーザー錯視の局所的要素に似ていることがわかる。文字列の傾き錯視がフレーザー錯視と見かけ上同じ仕組みで傾いていると仮定するならば、階段状に並べた水平線分の様子がフレーザー錯視

の局所的要素の形に近いことが、この錯視の傾きの要因と考えられる。このことから、文字列が傾く錯視の要因には、(1) 一文字の水平線分が長いこと、(2) 一単語内で水平線分が階段状に右下がりに並んでいること、の2点が予測される。

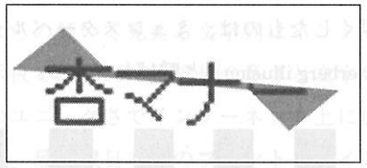

図7　フレーザー錯視の部分要素に文字を加えた図。単語全体の水平線分を直線と見なして計測した場合、単語全体の水平線分の傾きは4.8°であった。

文字列が傾く錯視は今まで研究されたことがない、新しい錯視である。この錯視は、パソコン画面で文字を羅列するという身近な自然場面で発生する。また、文字を複数並べただけで錯視ができるという興味深い錯視であり、従来の幾何学的錯視のように専門的な技術や道具を使って描画することなく、パソコン画面で文字をコピー&ペーストするだけで作れるのが魅力でもある。この錯視のメカニズムを研究することで、誰もがパソコンで錯視を作って楽しむことができる。さらに、この錯視の研究は安全工学にも応用することができると考えられる。具体的に傾いて見える文字列を発見することで、看板や広告などの文字を並べて表記する場面において、文字列が傾いて見えてしまう危険性を回避することができる。以上より、文字列が傾いて知覚される錯視における、水平線分の役割を、インターネットブラウザを用いて評定することを目的とする。

実　験

実験1

目　的

文字列が傾く錯視において、単語中の文字の水平線分が長いこと、1単語内で水平線分が階段状に右下がりに並んでいることの2点が文字列全体に傾きを知覚させる原因であるという仮説が正しいかどうかを証明することを目的とした。

方　法

実験計画　ランダムに文字を表示する文字列、3pixel以上の水平線分をもつ文字のみで構成された文字列、9pixel以上の水平線分をもつ文字のみで構成された文字列が傾いて見えるかどうかを、被験者に評定させた。実験は各50試行行った。実験計画は1要因×3水準（ランダム文字列・3pixel以上連続文字列・9pixel以上連続文字列）であった。

被験者　大学生10名（男性2名・女性8名）が本実験に参加した。全員の視力は正常視力か、あるいは正常視力に矯正されていた。被験者の年齢は19歳～23歳であった。

刺激と装置　刺激を作成するにあたって、文字列が傾いて見える錯視は、フォント・フォントサイズ・行間・字間を設定しないインターネット上の掲示板で発見されたことから、インターネットブラウザのデフォルト状態を使って実験を行うこととした。デフォルト状態とは、フォントサイズが15pixel×15pixel、フォントファミリーが「MS Pゴシック」の状態であった。また、背景の色は#FFFFFF（白: 171.4cd/m²）であり、文字の色、境界線の色は#000000（黒: 5.5cd/m²）であった。

刺激はNEC製のLaVieLL550（横1024pixel×縦768pixel）に、Microsoft社のInternet Explorer 6を使って表示した。ディスプレイの解像度は72dpiであり、1pixelは0.36㎜であった。ディスプレイまでの視距離は40cmであった。各刺激の大きさは、最小のサイズが横400pixel×縦160pixel、最大のサイズが横500pixel×縦160pixelであった。刺激の横幅は、フォント固有の字間の影響で変化した。

実験の統制群にはランダム文字列を用いた（図8）。「ランダム文字列」とは（以下、省略する場合はランダムと示した）、カタカナの清音46文字と、長音（ー）のあわせて47文字を用いた文字列である。ランダム文字列はJAVA Scriptを使って、47文字の中から重複を許し、ランダムに4文字を選んで配置した。文字の組み合わせは全部で4,879,681通り（47×47×47×47）であった。文字列の配置方法は以下のようであった。選ばれた4文字の単語を、1・2行目が選ばれた順番、3・4行目が逆順、5・6行目が順番、7行目が逆順というように、各行につき6回繰り返して配置した。文字列の最初にはスペースをとった。

「3pixel以上連続文字列」（図9）とは、全ての文字が3pixel以上の水平線分を含む文字列である（省略する場合は、「3pixel以上連続」とする）。3pixel以上連続文字列は、カタカナの清音46文字と長音の中から、3pixel以上画素が連結した水平線分を持っている36文字を選んだ。さらに、3pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を、水平成分の高さを要因として分類した（表1）。次に、JAVA scriptを用いて、文字に含まれる水平線分が階段状に右下がりになるように4文字を選んで並べる単語を作った。文字の選び方は以下のようであった。10pixel目など水平線分を持たない場所以外は1pixel毎に右下がりになるように選んだ（図10-a）。水平線分を持たない場所を挟む場合は、より近い高さの文字を選んだ。例えば、8pixel目から選び始める場合、8・9・12・13pixel目の高さの水平線分を持つ単語を選んだ（図10-b）。14pixel目の文字が選ばれ、単語が4文字に達しない場合、次の文字は3pixel目に戻って選び、以下は1pixel毎に右下がりになるように選んだ（図10-c）。3pixel以上連続文字列の組み合わせは全部で21,390通りであり、配置の仕方は、1・2行目が単語の中の水平線分が右下がりに並ぶ順番で配置し、以下、3・4行目が右上がり、5・6行目が右下がり、7

ケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサ
ケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサ
サリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケ
サリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケ
ケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサ
ケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサケケリサ
サリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケサリケケ

図8　ランダム文字列の刺激例。47文字の中から重複を許し、ランダムに4字を選んで配置した文字列である。

スクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒ
スクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒ
ヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクス
ヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクス
スクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒ
スクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒスクオヒ
ヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクスヒオクス

図9　3pixel以上連続文字列の刺激の例。3pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を選び、配置した。

表1　カタカナと長音を平行線分の高さを要因として分類した表。最も高いpixelを1とし、1pixel毎に高さを要因として分類した。9pixel以上連続文字列の文字は必ず3pixel以上連続文字列の文字にも含まれる。

高さ(pixel)	3pixel以上連続文字列	9pixel以上連続文字列
1		
2		
3	アステヌモワヲミチヨ	アステヌモワヲヨ
4	ウエカキクタニネフマユセチ	ウエカクタニネフマユ
5	オケコサホセヤ	オケコサホ
6	ナセヒミヤ	ナ
7	テヲイトヒミヤ	テヲ
8	チモーヨキ	チモーヨ
9	キ	
10		
11		
12	ニミム	ニ
13	エコユヨム	エコユヨ
14	モセヒオカシノ	モセヒ
15		

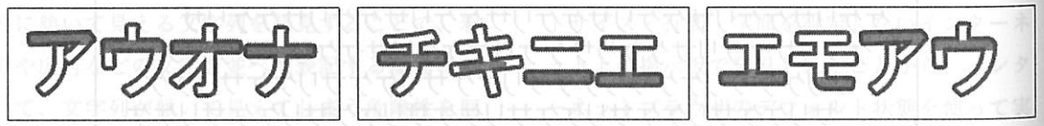

図10-a　**図10-b**　**図10-c**

図10　文字列に使われる4文字の選び方の例。図10-a 水平線分が4段にわたって右下がりの階段状に並ぶように文字を選ぶ文字列である。図10-b 水平線分が存在しない高さのpixelがあるために、水平線分の高さに段差のできた文字列である。図10-c 水平線分の高さが最下段まで選ばれたので、最上段の水平線分まで戻って選びなおす文字列である。3pixel以上連続文字列、9pixel以上連続文字列にはこれらの選び方全てが含まれていた。

行目が右上がり、という順番に配置した。文字列の最初にはスペースをとった。単語内の水平線分の高さを2pixel毎に右下がりに配置をする組み合わせは、カタカナの数が少ないために生成できなかったので実験には加えなかった。

「9pixel以上連続文字列」とは（図11）、全ての文字が9pixel以上の水平線分を含む文字列である（省略する場合は、「9pixel以上連続」とする）。9pixel以上連続文字列には、46文字と長音の中から、9pixel以上画素が連結した水平線分を持っている27文字を選んだ。さらに、9pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を、水平成分の高さを要因として分類した（表1）。9pixel以上連続文字列の、生成方法と配置方法は3pixel以上連続文字列と同様であり、組み合わせは全部で2,884通りであった。単語内の水平線分の高さを2pixel毎に右下がりに配置をする組み合わせは、カタカナの数が少ないために生成できなかったので実験には加えなかった。

手続き　被験者はインターネットブラウザを最大化した状態で評定を行った。まず、被験者がインターネットブラウザの上部にあるハイパーリンクの矢印をクリックすることで実験が開始された。被験者は、表示されている文字列が傾いて見えたかどうかを報告した。1回の試行が終り、ブラウザ上部の矢印をクリックすると、新しい評定画面が現れた。実験は全部で50試行行われた。文字列は全てランダムな順序で提示され、評定は被験者のペースで行われた。1条件の50試行が終了後、小休止をとり、次の条件を50試行行った。実験は各条件で1回、全体で3回行われた。実験の手続きはすべての条件で同じであり、条件の順番はランダムであった。

結　果

ランダム文字列を「傾いている」、と被験者が報告する割合は31.4%、3pixel以上連続文字列を「傾いている」、と被験者が報告する割合は49.2%であった。また、9pixel以上連続文字列を「傾いている」、と被験者が報告する割合は66.0%であった。9pixel以上連続文字列が、最も傾いて見えると報告される割合が高かった（図12）。

文字の中の水平線分の長さが傾きの知覚に影響を及ぼすかどうかを検討するために、分散分析を行った。分散分析の結果、ランダム文字列、3pixel以上連続文字列と9pixel以上連続文字列の平均の差は有意であった。($F(2,27) = 47.38$, $p < .01$)。Tukey法による多重比較の結果、ランダム

ホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチ
ホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチ
チテナホチテナホチテナホチテナホチテナホチテナホチテナホ
チテナホチテナホチテナホチテナホチテナホチテナホチテナホ
ホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチ
ホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチホナテチ
チテナホチテナホチテナホチテナホチテナホチテナホチテナホ

図11　9pixel以上連続文字列の刺激の例。9pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を選び、配置した。

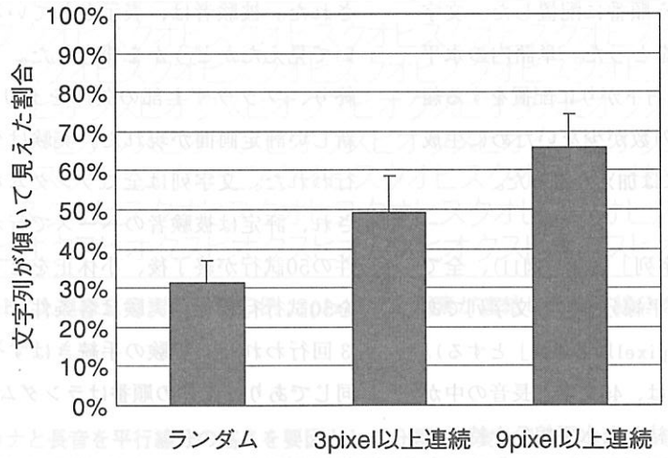

図12　ランダム文字列、3pixel以上連続文字列と9pixel以上連続文字列を比較し、傾いて見えると報告された割合。9pixel以上連続文字列が最も傾いて見えるという報告が多かった。

文字列と3pixel以上連続文字列、ランダム文字列と9pixel以上連続文字列、3pixel以上連続文字列と9pixel以上連続文字列の平均の差は有意であった。

考　察

文字列が傾いて知覚される割合が、ランダム文字列よりも3pixel以上連続文字列、9pixel以上連続文字列のほうが有意に大きかったことから、単語中の水平線分が階段状に並んでいることが、文字列全体に傾きを知覚させる要因であると考えられる。

3pixel以上連続文字列と9pixel以上連続文字列の割合の平均に有意差があったことから、水平線分は3pixel以上連続文字列より、9pixel以上連続文字列のほうが傾いて知覚されていることが多いと考えられる。9pixel以上連続文字列が傾いて知覚される割合が多かったのは、単語内の水平線分が長いことが原因にあるのではないかと考えられる。3pixel以上連続文字列の中には、たとえば「オ」のはねの部分のように、3pixel以上の水平線分は存在しているものの、文字全体では斜め線分の一部となっている水平線分を持つ文字があった。このような文字が存在すると、単語全体で水平線分がばらばらな方向を向き、一定方向の傾きを知覚できなかったと考えられる。

実験 2

目　的

実験 1 では文字列の傾き錯視が実際に知覚されることがわかったが、具体的な錯視量を測定していなかった。そこで実験 2 では文字列の見えの傾きを測定した。さらに、実験 1 で用いた3pixel以上連続文字列と9pixel以上連続文字列を比較した場合、水平線分が長くなるにつれて傾いて見える割合は増加したことから、実験 2 では、これらの文字列の具体的な錯視量を比較することで、傾いて見える割合だけではなく、錯視量も実際に異なるのかどうかを調べた。

水平線分が階段状に並んでいる文字列が、ランダムに文字を選んだ文字列よりも傾いて知覚されたことから、フレーザー錯視に似た効果が、文字列が傾く錯視に影響していると仮定した。水平線分の高さが1pixel毎に変化し、単語全体として擬似的に斜線を作っているような状態にすることでも、錯視が起こると考えられた。そこで、本実験では3pixel以上連続文字列と9pixel以上連続文字列に加えて、9pixel以上連続 4 段文字列の錯視量も測定した（図15）。「9pixel以上連続 4 段文字列」とは、9pixel以上連続文字列の中で、単語内の水平線分の高さが必ず1pixelずつ階段状に右下がりになる文字列である（図10-a）。単語内の水平線分の高さを1pixel毎に右下がりに配置をする条件以外の条件は、該当するカタカナの組み合わせが無かったため、実験条件には加えなかった。

方　法

実験計画　3 種類の条件において錯視量を調整法で測定した。錯視量を測定する条件には、実験 1 で用いた3pixel以上連続文字列、9pixel以上連続文字列に、9pixel以上連続 4 段文字列を追加した 3 条件を用いた。実験は 1 要因 3 水準（3pixel以上連続、9pixel以上連続、9pixel以上連続 4 段）であった。

被験者　大学生10名（男性 2 名・女性 8 名）が本実験に参加した。全員が正常視力かあるいは正常視力に矯正されており、年齢は19歳～23歳であった。

刺激と装置　刺激は実験 1 と同様のパソコンを使って提示した。刺激はディスプレイの右中央に表示された。

3pixel以上連続（図13）、9pixel以上連続（図14）の文字列は、実験 1 と同様のスクリプトを用いて作成した。実験 2 では文字列の見えの傾きを測定するため、選ばれた 4 文字を 6 回繰り返す文字列を 2 列だけ呈示した。

本実験で追加した9pixel以上連続 4 段文字列（以下、省略する場合は9pixel以上 4 段という）は、9pixel以上連続文字列のうち、1 文字目の水平線分の高さが一番高く、以下 4 文字にわたり段階的に1pixel毎に右下がりとなる文字列である（図15）。他の 2 条件では、図10の全ての高さの組み合わせがありうるが、9pixel以上連続 4 段文字列では図10-aの組み合わせのみ選ばれ、具体的な水平線分の高さの組み合わせは、3-4-5-6・4-5-6-

シミネサシミネサシミネサシミネサシミネサシミネサシミネサ
シミネサシミネサシミネサシミネサシミネサシミネサシミネサ

図13　3pixel以上連続文字列の刺激の例。3pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を選び、配置した。

ヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオ
ヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオヒスエオ

図14　9pixel以上連続文字列の刺激の例。9pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を選び、配置した。

ネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテ
ネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテネホナテ

図15　9pixel以上連続４段文字列の刺激の例。9pixel以上画素が連結した水平線分を持っている文字を選び、さらに水平線分の高さが４段にわたって1pixelごとに右下がりになるように配置した。

7・5-6-7-8のみであった。文字列の組み合わせは全部で540通りであり、文字列の呈示方法は他の２条件と同様であった。

手続き　測定は調整法で行われた。被験者は、画面に表示された刺激の錯視量を測定した。画面右側に刺激、画面左側に時計回りにプラスとした-2.0~10.0°までの比較刺激が表示された。比較刺激は縦1pixel×横120pixelの線分であった。刺激図形はランダムな順序で呈示された。比較刺激は0.5°刻みであった。比較刺激の角度は、被験者がラジオボタンを操作することによって切り替えることができた。

被験者は提示された刺激の見えの角度を測定し、画面上部の矢印をクリックするように告げられた。矢印をクリックすると、新しい刺激が提示された。この角度評定を10回行い、平均値をPSEとした。一人の被験者に対して、30回（３実験条件×10試行）の実験を行った。実験の手続きはすべての条件で同じであり、条件の順番はランダムであった。被験者は、目が疲れた場合は適宜休憩するようにと告げられ、測定は被験者のペースで行われた。

結　果

3pixel以上連続文字列の平均錯視量は0.64°、9pixel以上連続文字列の平均錯視量は1.17°、9pixel以上連続４段文字列の平均錯視量は2.30°であった（図16）。

文字の中の水平線分の長さが傾きの知覚に影響を及ぼすかどうか検討するために、分散分析を行った。分散分析の結果、3pixel以上連続文字列、9pixel以上連続文字列と9pixel以上連続４段文字列の平均の差は有意であった（$F(2,27) = 90.37, p < .01$）。

さらに、水平線分が繋がって見えることが錯視量に影響を及ぼすか検討するために、9pixel以上連続文字列と9pixel以上連続４段文字列の下位検定を行った。Tukeyの検定の結果、9pixel以上連続文字列と9pixel以上連続４段文字列の平均の差は有意であった。

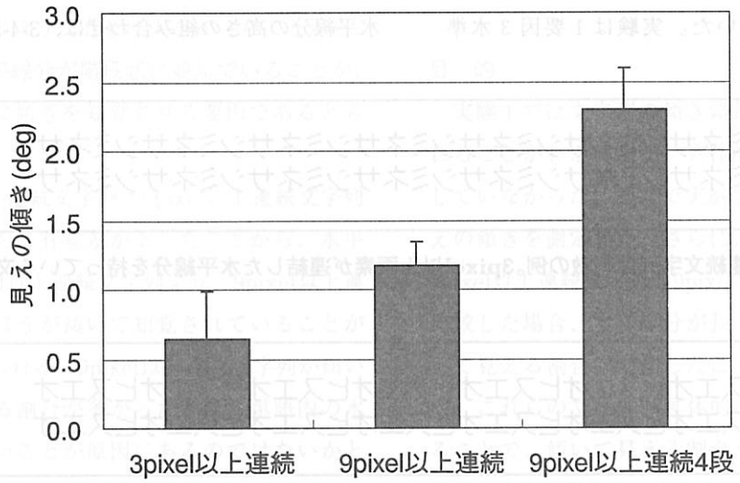

図16　各条件の平均錯視量と標準偏差を示した。3pixel以上連続、9pixel以上連続、9pixel以上連続４段の順に平均錯視量が増加した。

考　察

文字列の傾きの錯視量は、3pixel以上連続文字列よりも、より水平線分の長い9pixel以上連続文字列の方が錯視量が有意に大きかった。実験１で文字列が傾いて見える割合が水平線分の長さと関係があったが、同様に文字列の傾き錯視の錯視量にも、水平線分の長さが関係していた。

一方、各条件の平均錯視量の結果から、9pixel以上連続４段文字列がもっとも錯視量が大きいことがわかった。他の文字列では、水平線分は右下がりに並んではいるものの、高さの位置がばらばらである文字列も含まれているが、9pixel以上連続４段文字列では、水平線分の高さを４段にわたって1pixel毎に並べた文字列だけを選んだことが錯視量の増大につながったと考えられる。以上より、文字列が傾いて見える錯視は、（1）水平線分の長さが長い文字を含み、（2）一単語中で水平線分の高さが1pixel毎に連続している文字列が見えの傾きが多い文字列であると考えられる。

この結果より、文字列が傾いて見える錯視は、フレーザー錯視の形に近づくにつれて錯視量が増加していると考えられる。ミュラーリヤー錯視の場合の低空間周波数の錯視と高空間周波数の錯視を比較した場合、錯視量はほぼ同じ（Ginsberg, 1986）という結果があることから、文字列錯視は低空間周波数のフレーザー錯視としてみなせるであろう。

実験３

目　的

有力な傾き錯視の錯視量は、ツェルナー錯視が3~6°（Oyama, 1973）、フレーザー錯視が3~6°（Stuart and Day, 1991）、カフェウォール錯視が１~３°（Gregory and Hard, 1979）、2~3°（北岡, 2003）であるが、実験２で測定された文字列が傾いて見える錯視の平均錯視量は、9pixel以上連続４段文字列において2.30°であった。文字列が傾いて見える錯視は平均錯視量が2.30°であるが、有力な傾き錯視の最大錯視量が６°程度であることを考えれば、文字列が傾いて見える錯視の最大錯視量はさらに多くなると予想される。そこで、本実験では文字列が傾いて見える錯視の最大錯視量を調べるために、最も傾いて見える文字列を抽出するプログラムを作成した。このプログラムを用いて最も傾いて見える文字列を抽出し、錯視量を測定した。その上で、文字列が傾いて見える理由としての水平成分の効果を考察した。

方　法

実験計画　3pixel以上連続文字列、9pixel以上連続文字列、9pixel以上連続４段文字列の３種類の条件において、文字列を50回呈示し、最も傾いて見えた文字列を求めた。さらに、その方法で得られた最も傾いて見えた文字列の錯視量を、

調整法によって測定した。

被験者　大学生３名（男性１名・女性２名）が本実験に参加した。全員が正常視力かあるいは正常視力に矯正されており、年齢は19歳～21歳であった。

刺激と装置　刺激は実験１と同様のパソコンを使って提示した。刺激はディスプレイの右中央に表示された。3pixel以上連続、9pixel以上連続の文字列は、実験１と同様のスクリプトを用いて作成した。9pixel以上連続４段の文字列は、実験２で使用したスクリプトを、文字列の配置方法が実験１の3pixel以上文字列と同様の配置となるように変更したものを用いて作成した。

手続き　画面には、左側にテキストボックス、右側に刺激となる文字列が現れた。被験者は、右側の文字列を左側のテキストボックスに移した。テキストボックスは、文字列のフォント・フォントサイズ・字間・行間が刺激の文字列と同様になるように設定されていた。次に、被験者が画面上部の矢印をクリックすると、画面右側には新しい刺激が現れた。被験者は、右側の刺激と、左側のテキストボックスの文字列とを比較した。右側の文字列のほうが傾いて見えた場合、左側のテキストボックスに新しく右側の文字列を入れた。左側の文字列のほうが傾いて見えた場合は、テキストボックスの中身は替えなかった。この試行を50回繰り返し、50試行が終了した時点で、テキストボックスに残っていた文字列を最も傾いて見えた文字列として記録した。

最後に、最も傾いて見えた刺激の錯視量を測定した。錯視量の測定方法は、実験２と同様であった。一人の被験者に対して、３回（３実験条件×１ブロック）の実験を行った。刺激図形はランダムな順序で呈示された。測定は被験者のペースで行われ、目が疲れたら適宜休むように教示した。

結　果

最も傾いて見えた文字列には、１列目の最初に表示される４文字をとって名前をつけた。3pixel以上連続文字列から抽出された最も傾いて見える文字列は以下のようであった。被験者Aが抽出した文字列は「ワフオナ」文字列であり、測定された文字列の錯視量は4.0°であった（図17）。被験者Bが抽出した文字列は「ヲフケナ」文字列であり、測定された文字列の錯視量は4.5°であった（図18）。被験者Cが抽出した文字列は「カサナテ」文字列であり、測定された文字列の錯視量は4.5°であった（図19）。

9pixel以上連続文字列から抽出された最も傾いて見える文字列は以下のようであった。被験者Aが抽出した文字列は「フヲナオ」文字列であり、測定された錯視量は5.0°であった（図20）。被験者Bが抽出した文字列は「モニコヒ」文字列であり、測定された文字列の錯視量は4.0°であった（図21）。被験者Cが抽出した文字列は「マオナヲ」文字列であり、測定された錯視量は4.5°であった（図22）。

9pixel以上連続４段文字列から抽出された最も傾いて見える文字列は以下のようであった。被験者Aが抽出した文字列は「マサナヲ」文字列であり、測定された錯視量は5.5°であった（図23）。被験者Bが抽出した文字列は「ヲユホナ」文字列であり、測定された文字列の錯視量は2.0°であった（図24）。被験者Cが抽出した文字列も「マサナヲ」文字列であり、測定された錯視量は5.0°であった（図23）。

ワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナ
ワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナ
ナオフワナオフワナオフワナオフワナオフワナオフワ
ナオフワナオフワナオフワナオフワナオフワナオフワ
ワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナ
ワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナワフオナ
ナオフワナオフワナオフワナオフワナオフワナオフワ

図17　被験者Aが抽出した「ワフオナ」文字列。測定された錯視量は4.0°であった。水平線分の高さが3pixel目から6pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは11pixel以上であった。

ヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナ
ヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナ
ナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲ
ナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲ
ヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナ
ヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナヲフケナ
ナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲナケフヲ

図18　被験者Bが抽出した「ヲフケナ」文字列。測定された錯視量は4.5°であった。水平線分の高さが3pixel目から6pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは11pixel以上であった。

カサナテカサナテカサナテカサナテカサナテカサナテ
カサナテカサナテカサナテカサナテカサナテカサナテ
テナサカテナサカテナサカテナサカテナサカテナサカ
テナサカテナサカテナサカテナサカテナサカテナサカ
カサナテカサナテカサナテカサナテカサナテカサナテ
カサナテカサナテカサナテカサナテカサナテカサナテ
テナサカテナサカテナサカテナサカテナサカテナサカ

図19　被験者Cが抽出した「カサナテ」文字列。測定された錯視量は4.5°であった。水平線分の高さが4pixel目から7pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは12pixel以上であった。

フオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲ
フオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲ
ヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフ
ヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフ
フオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲ
フオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲフオナヲ
ヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフヲナオフ

図20　被験者Aが抽出した「フオナヲ」文字列。測定された錯視量は5.0°であった。水平線分の高さが4pixel目から7pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは11pixel以上であった。

モニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒ
モニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒ
ヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモ
ヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモ
モニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒ
モニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒモニコヒ
ヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモヒコニモ

図21　被験者Bが抽出した「モニコヒ」文字列。測定された錯視量は4.0°であった。文字列の水平線分の高さは8pixel、12pixel〜14pixel目であった。文字列に含まれる水平線分の長さは10pixel以上であった。

マオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲ
マオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲ
ヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマ
ヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマ
マオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲ
マオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲマオナヲ
ヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマヲナオマ

図22　被験者Cが抽出した「マオナヲ」文字列。測定された錯視量は4.5°であった。水平線分の高さが4pixel目から7pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは11pixel以上であった。

マサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲ
マサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲ
ヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマ
ヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマ
マサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲ
マサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲマサナヲ
ヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマヲナサマ

図23　被験者AとCが抽出した「マサナヲ」文字列。被験者Aによって測定された錯視量は5.5°であった。被験者Cによって測定された錯視量は5.0°であった。水平線分の高さが4pixel目から7pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは11pixel以上であった。

ヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナ
ヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナ
ナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲ
ナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲ
ヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナ
ヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナヲユホナ
ナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲナホユヲ

図24　被験者Bが抽出した「ヲユホナ」文字列。測定された錯視量は2.0°であった。水平線分の高さが3pixel目から6pixel目まで段階的に変化し、文字列に含まれる水平線分の長さは9pixel以上であった。

表３には、測定した被験者、3pixel以上、9pixel以上の最も傾いて見えた文字列、測定された錯視量、文字列の１文字ごとの高さ、文字列の文字ごとの水平線分の長さを示した。

考　察

3pixel以上連続文字列から選ばれた文字列でも、最も傾く文字列には水平線分の長さが9pixel未満の文字は選ばれなかった。水平線分の長さに関しては、水平線分が長い文字を多く含む文字列ほど錯視量が増大すると考えられる。

また、水平線分の高さに関しても「モニコヒ」文字列以外の文字列は、４文字に渡って連続して水平線分の高さが1pixel毎に右下がりになる並び方であった。9pixel以上連続４段文字列からは、最も傾いて見える「マサナヲ」文字列が２人の被験者から選ばれた。9pixel以上連続４段文字列は必ず水平線分の高さが４文字で連続して1pixel毎に右下がりになる文字列だけが含まれているので、他の文字列より錯視量が多い文字列が選ばれる割合が高いと考えられ、中でも「マサナヲ」文字列は錯視量の多い錯視といえる。

以上より、文字列が傾く錯視は、水平線分が長く、４文字にわたって連続して水平線分の高さが1pixel毎に右下がりになっているものほど、最も傾いて見える。この結果は、実験２での考察と同様であった。抽出された文字列の中で、「ワフオナ」文字列は典型的な考察を支持する文

表3　被験者が抽出した最も傾いて見える文字列の詳細表。錯視量は被験者が測定したものである。単語の高さは文字列の水平線分の高さの組み合わせを示している。太字は実際には選ばれない水平線分の高さの組み合わせである。水平線分の長さは、単語の高さで対象になっている水平線分の長さを示したものである。

被験者	文字列	錯視量(deg)	単語の高さ(pixel)	水平線分の長さ(pixel)
	3pixel以上連続			
A	ワフオナ	4.0	3-4-5-6	11-12-13-14
B	ヲフケナ	4.5	3-4-5-6	11-12-11-14
			7-4-5-6	11-12-11-14
C	カサナテ	4.5	4-5-6-7	12-14-14-13
			4-5-6-3	12-14-14-11
	9pixel以上連続			
A	フオナヲ	5.0	4-5-6-7	12-13-14-11
			4-5-6-3	12-13-14-11
B	モニコヒ	4.0	8-12-13-14	13-13-11-10
			3-4-5-6	10-11-11-3
C	マオナヲ	4.5	4-5-6-7	13-13-14-11
			4-5-6-3	13-13-14-11
	9pixel以上連続4段			
A	マサナヲ	5.5	4-5-6-7	13-14-14-11
			4-5-6-3	13-14-14-11
B	ヲユホナ	2.0	3-4-5-6	11-9-13-14
			7-4-5-6	11-9-13-14
C	マサナヲ	5.0	4-5-6-7	13-14-14-11
			4-5-6-3	13-14-14-11

字列であった。水平線分の長さは全て9px以上であり、水平線分の高さは3-4-5-6pixelと1pixel毎に順番に右下がりになっていた。

一方、水平線分が連続して1pixel毎に右下がりにならなかった「モニコヒ」文字列は、本来6-12-13-14pixel目の組み合わせの文字列であるが、文字中で最も高い位置にある水平線分の高さを調べると、3-4-5-6pixel目の組み合わせになっている（図25）。「ヒ」の水平線分が3pixelと短いが、水平線分は上下の両方で段階的に右下がりになっている。水平線分が短い部分があっても、単語内で段階的に右下がりになる部分があれば、文字列全体が傾いて見えるのだと考えられた。

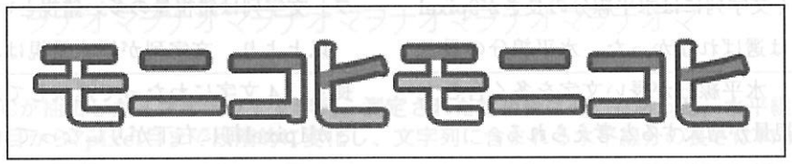

図25　「モニコヒ」文字列（図18）の部分を取り出したもの。塗りつぶされた下の部分が、6-12-13-14pixel目の水平線分であり、上が3-4-5-6pixel目の水平線分である。単語全体として斜線２本が右斜め下に傾いて見えることが、「モニコヒ」文字列がより傾いて見えた原因であると考えられる。

また、「カサナテ」文字列、「フオナヲ」文字列、「マオナヲ」文字列、「マサナヲ」文字列には、水平線分が1pixelごとに段階的に右下がりになる場所が、4-5-6-7pixel目、4-5-6-3pixel目と２箇所存在する（表３）。4-5-6-3pixel目は、並び替えると水平線分の高さが3-4-5-6pixel目と並ぶ組み合わせである。「ヲフケナ」文字列も、「フナケヲ」と並び替えれば同様のことが言える。これらの文字列の中で、たとえば、「フオナヲ」文字列の「ヲ」は水平線分を２本持っており、4-5-6-7pixel目（図26）と3-4-5-6pixel目（図27）の水平線分を合成すると、傾きの小さい２本の斜線があるように見える（図28）。文字列を選ぶ手続きにおいて、文字は水平線分が段階的に右下がりに変化する組み合わせをひとつだけ想定して並べられた（図10）。しかし、「ヲ」、「テ」など水平線分が２つある文字が文字列に含まれることによって、右下がりの斜線が２つあるように見え、より傾いて見えたのではないかと考えられる。

「フヲナオ」文字列と同じ構造を持っているはずの「ヲユホナ」文字列は、文字列全体としては最も傾いて見える錯視であったものの、錯視量が2.0°と、9pixel以上連続４段文字列の平均を下回る結果となった。最も傾いて見える文字列を抽出するときは文字列全体を見て抽出するが、錯視量を測定するときは文字列の最初の２行だけで測定していた。ツェルナー錯視の場合、主線が一本の場合交差角が45°以上では顕著な鋭角過大視は起きないが、主線を２本以上にし、V字や逆V字型にすると角度過大視が現れる

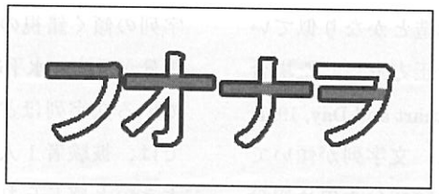

図26　「フヲナオ」文字列の水平線分の高さ4-5-6-7pixel目に印をつけた図。水平線分は右下がりに並んでいる。

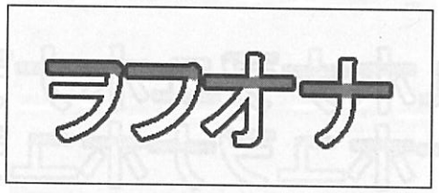

図27　「フヲナオ」文字列の水平線分の高さ3-4-5-6-pixel目に印をつけた図。水平線分は右下がりに並んでいる。

図28　「フヲナオ」文字列の図26と図27を合成した図。フレーザー錯視と同様の少し傾いた斜め線分が連続して並ぶ状態を作り出している。

(Kitaoka and Ishihara, 2000) ことから、文字列が傾いて見える錯視でも複数回文字列の列を並べるほうが錯視量は多くなると考えられる。

また、この文字列の「ユ」と「ホ」の2文字は他の文字に比べて水平線分と水平線分の間に空白をとっていた。水平線分が長くても空白が多く入ることが、文字列の錯視量を減少させたのだと考えられる。文字列全体として表示した場合、「ユ」の高い位置にある水平線分よりも低い位置の水平線分のほうが長いために強く作用する。文字列を逆に配置した位置において、文字列2段分の水平線分が全体として右上がりとなる傾向を作っていることが傾きの原因ではないかと考えられる（図29）。

実験2の考察で、文字列が傾く錯視はフレーザー錯視と似ていると考えられた。実際、図28の構造はフレーザー錯視の構造とかなり似ている。フレーザー錯視の矢羽を正方形にした場合に錯視量が5.0~6.0°になる（Stuart and Day, 1991）ことがわかっている。しかし、文字列が傾いて見える錯視には、文字特有の縦線分や斜め線分が含まれており、上下非対称の垂直線分や斜め線分の矢羽をつけたフレーザー錯視に傾きがあるかどうかはわかっていない。

さらに、文字列が傾く錯視には、水平線分の高さと長さのみがかかわっていると考えられたが、文字列を複数で並べることで傾いて見えるようになる文字列も存在した（図29）。文字列が傾く錯視の要因には局所的な要素だけでなく、文字列の配置方法による全体的な効果も考えられる。以上より、文字列が傾いて見える錯視は、フレーザー錯視そのものであるとは言えない。

総合考察

実験1では、文字列に傾きがある錯視が存在するかどうかを調べ、水平線分が長い文字列ほど、傾いて知覚される文字列が発生する割合が高いことを見出した。実験2では、具体的な文字列の傾く錯視の見えの傾きを測定した。水平線分が長く、水平線分の高さが1pixel毎に変化している文字列ほど、錯視量が多かった。実験3では、被験者1人1人において、最も錯視量が大きいと感じられる文字列を抽出し、文字列の錯視量を測定した。

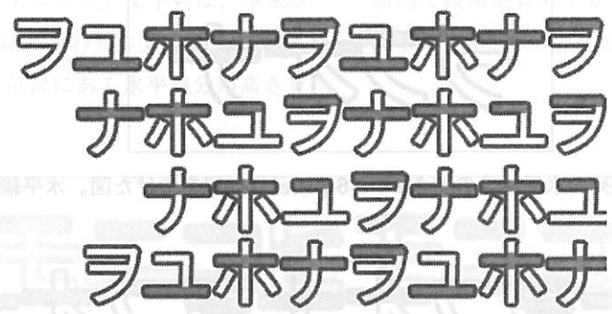

図29　「ヲユホナ」文字列を全体として並べた図を一部拡大したもの。上から1段目と2段段目、2段目と3段目というように、上下の文字列がセットになっている。2列分の水平線分2本が平行な右上がりの傾向を持っている。

実験2と実験3で、文字列の傾き錯視が、単語内の水平線分が一本の傾いた線分のように見えることから、低空間周波数のフレーザー錯視に似ていると考えた。しかし、この錯視にはフレーザー錯視と似ていると考えられた水平線分の要素以外にも垂直線分や斜線分が含まれており、局所的要素だけでなく文字列全体の配置方法が傾きの要因としてかかわっていたため、フレーザー錯視そのものであるとはいえないと考えた。

最近の研究では、文字列が傾く錯視と同じ錯視が提出されている。ポップル錯視（Popple illusion）は、局所的要素には傾きがないが、全体として傾いて見える錯視である（図30）。この錯視は、キャリアの位相を少しずつずらしガボールパッチの窓の列を並べることで生じており（Popple and Sagi, 2000; Popple and Levi, 2000）、ガボールパッチが多く、パッチの距離が狭いほど錯視量が増加する錯視である（Popple and Levi, 2000）。また、ポップル錯視はキャリアの位相のシフトによる傾き錯視とも呼ばれている。ポップル錯視のキャリアの位相が変化していくことと、文字列が傾く錯視における単語中の水平線分が徐々に傾いていること（図28）が同じ現象であると考えられる。このことから、ポップル錯視と文字列が傾いて見える錯視の傾きが発生する仕組みは同じであると考えられる。

フレーザー錯視は水平線分を斜線に見立てて似ていると考えたが、ポップル錯視は水平線分が並んでいる錯視であることから、より文字列が傾いて見える錯視に似ている錯視であると考

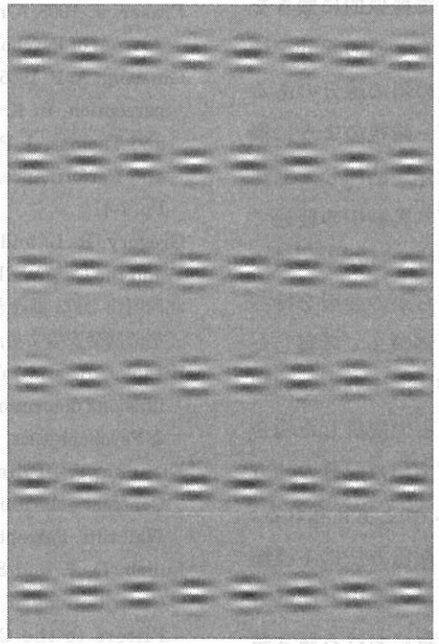

図30　ポップル錯視。エンベロープの窓の列は平行に並んでいる。キャリアは平行で、上下方向に4分の1周期ずつ位相がシフトしている。キャリアのシフトの方向と同じ方向に、エンベロープの窓の列が傾いて見える。この図では、上から順に右左右左右左と傾いて見える。

えられる。水平線分だけのポップル錯視の錯視量は1.5~2.0°(Popple and Levi, 2000) である。文字列の傾き錯視は水平線分以外の線分がついているにもかかわらず錯視量がこれらの錯視より大きい。もし、縦線分などのノイズを混じらせたポップル錯視の錯視量が本来の最大錯視量より増すならば、同じ錯視だといえるかもしれない。

しかし、実験2、3で考察したように、水平線分以外の縦線分や斜線分が入った文字列と、水平線分しかないガボールパッチとは同一視できない。さらに、文字列が傾いて見える錯視には水平線分の高さと長さ以外に文字列全体の並び方といった要因も存在していることから、ポップル錯視と文字列が傾いて見える錯視はまったく同じ錯視であるとはいえない。

文字列が傾いて見える錯視では、水平線分が階段状に右下がりになることで擬似的に傾きを作っていたが、文字にはもともと斜め線分を持ったものが存在する。これらの斜め線分のある文字が含まれると、フレーザー錯視のように楔形に傾いて知覚されたり、全体が凸凹して立体的に知覚されたりすることが本実験中の経過で発見されている。水平線分だけではなく、斜め線分も文字列の傾き錯視に何らかの要因を持っていると考えられる。また、実験3で考察した「ヲユホナ」文字列(図24)が、文字列を2列配置した場合より、数列にわたって配置した場合に傾いて見えたことから、文字列の配置の仕方も傾きの要因のひとつではないかと考えられる。本実験において用いた要因と配置方法は1種類であったため、今後は何種類かの要因と配置方法を試すことで、高空間周波数における傾き錯視の研究をしたい。ポップル錯視(図30)がガボールフィルタを用いていたように、錯視研究においてもニューロンの受容野をシミュレートした数学的フィルタをかけて分析する手法が主流である(Morgan and Moulden, 1986; Lulich and Stevens,1989)。新井・新井(2005)らはウェーブレット分解を用いて傾き錯視の類似性を研究している。そのような手法がある中で文字列そのものを使った研究が有効であると考えるのは、文字列が傾く錯視は、一文字一文字が異なるさまざまな要素を含んでおり、傾いて見える対象が普段使っている馴染み深い文字であることが、研究対象として興味深いからである。

引用文献

新井仁之・新井しのぶ 2005 ウェーブレット分解で見る，ある種の傾き錯視における類似性. VISION, 17, 259-265.

Fraser, J. 1908 A new visual of direction. British Journal of Psychology, 2, 320-370.

Ginsberg, A. P. 1986 Spatial filtering and visual form perception. In K. R. Boff, K. R. and Kaufman, L. and Thomas, J. P. (Eds.), Handbook of Perception and Performance, Vol. 2. New York: Wiley. §34, Pp. 1-41.

Gregory, R. L. and Heard, P. 1979 Border locking and the Café Wall illusion. Perception, 8, 365-380.

北岡明佳 2003 渦巻き錯視の定量的研究. 日本心理学会第67回発表論文集, 481.

Kitaoka, A. and Ishihara, M. 2000 Three element illusions determine the Zöllner illusion. Perception & Psychophysics, 62, 569-575.

Kitaoka, A., Pinna, B. and Brelstaff, G. 2004 Contrast polarities determine the direction of Café Wall tilts. Perception, 33, 11-20.

Lulich, D. P. and Stevens, K. A. 1989 Differential Contributions of Circular and Elongated Spatial Filters to the Café Wall Illusion. Biological Cybernetics, 61, 427-435.

盛永四郎 1933 ツェルネル氏錯視の研究. 心理学研究, 8, 195-242.

Morgan, M. J. and Moulden, B. 1986 The Münsterberg figure and twisted cords. Vision Research, 26, 1793-1800.

Moulden, B. and Renshaw, J. 1979 The Münsterberg illusion and irradiation. Perception, 8, 275-301.

Oyama, T. 1975 Determinants of Zöllner illusion. Psychological Research, 37, 261-280.

Popple, A. V. and Levi, D. M. 2000 A new illusion demonstrates long-range processing. Vision Research, 40, 2545-2549.

Popple, A. V. and Sagi, D. 2000 A Fraser illusion without local cues? Vision Research, 40, 873-878.

Stuart, G. W. and Day, R. H. 1988 The Fraser illusion: Simple figures. Perception & Psychophysics, 44, 409-420.

Stuart, G. W. and Day, R. H. 1991 The Fraser illusion: Complex figures. Perception & Psychophysics, 49, 456-468.

立命館文学

学生論集

第十二号

２００６年９月

立命館大学人文学会　学生部会

立命館文学　学生論集　第十二号

二〇〇六年九月

立命館大学人文学会　学生部会

THE RITSUMEIKAN BUNGAKU

GAKUSEI RONSHŪ

NO.12

September 2006

Edited by

Students of the Literary Association of

Ritsumeikan University

Kyoto, Japan