

視力や視距離よるものの 見え方の変化に基づく情報提示手法

堀江達矢¹ 片山拓也¹ 寺田 努^{1,2} 塚本昌彦¹

概要：視覚情報は聴覚や触覚と比較すると、一覧性があり利便性が高いため広く利用されている。そのため、案内板や注意書き、広告など文章や映像を用いて視覚情報提示をしているものが数多く存在する。しかし、提示物と見る人との距離（以下、視距離）には読める限界があり、コンテンツやコンテンツの提示サイズ、ユーザの視力などによってその限界距離は変化する。そのため、多くのユーザに閲覧してもらうためには読める限界の距離を遠くする必要がある。コンテンツサイズを大きくすれば、読める限界の距離を遠くできるが、提示領域に制限があることが多く、限られた提示領域で読める限界の距離を遠くしなければならない。これまで我々の研究グループでは、限られた表示領域中において、遠距離からでもできるだけ多くの情報を伝えられる情報提示を目指し、5つの文字情報提示手法を提案してきた。本稿では、5つの文字情報提示手法の中から読める限界の距離が遠くなった2つの手法と読める限界の距離が遠くなる可能性のあった1つの手法に対して詳細な実験を行い、さらに、3つの複数情報同時提示手法を提案する。複数情報同時提示手法では、文章中の文字色を部分的に変更することで、文章の中に単語や記号を描画し、視力や視距離の違いに応じて異なる情報を得られる提示手法を提案する。3つの手法に対して評価実験をし、視力や視距離に応じて異なる情報に注意が向くことが確認できた。文字情報提示手法の実験では、直線の本数や線の回転角度などと文字の認識サイズとの相関があることを確認した。

1. はじめに

視覚情報は聴覚や触覚と比較すると、一覧性があり利便性が高いため広く利用されている。そのため、案内板や注意書き、広告など文章や映像を用いて視覚情報提示をしているものが数多く存在する。しかし、遠くにある案内板を見るときや近視者が睡眠前後や入浴時、プール、海などでメガネやコンタクトを装着していないときでは提示しているコンテンツが見えず、情報を得られない問題がある。

これは、情報を読める限界の視距離（以下、可読距離）があるため、その距離を超えると文字の認識や物体の詳細を把握しづらくなるためである。可読距離はコンテンツの種類や提示サイズ、ユーザの視力などによって変化する。

コンテンツが文章である場合と単語や記号である場合、同サイズであっても可読距離が異なる。文章は単語や記号と比べると情報量が多く、情報を詳細に説明するとき利用されるが、視距離が離れると読めなくなる。それに対して、単語や記号は情報を少ない文字数で簡潔に伝えられるため、視距離が遠くても読めるが、情報の詳細が伝わりき

らない可能性がある。

コンテンツの提示サイズによっても可読距離は変化する。視距離とコンテンツの幅や高さには比例の関係があるため、**図 1**のようにコンテンツの幅を n 倍大きく提示してきた場合、 n 倍の距離で視認できる。しかし、提示領域は限られているため、提示できるサイズには限りがある。同様に、視距離とユーザの視力にも比例の関係があるため、 n 倍の視力をもつ場合、 n 倍の距離で視認できる。他にも、コントラストや輝度、フォントなどによっても可読距離は変化する [1], [2]。このように可読距離は変化するため、多くのユーザが閲覧できるためには可読距離を遠くしたり、視距離に応じて適切な情報を提示したりする必要がある。

これまで我々の研究グループでは、限られた表示領域中において、遠距離からでもできるだけ多くの情報を伝えられる情報提示を目指し、5つの文字情報提示手法を提案してきた [3]。5つの文字情報提示手法では、書き順のアニメーションによる表示や文字を細かい振動による表示によって単純に文字を表示するときより可読距離を遠くできると考えられる手法を提案している。

本稿では、5つの文字情報提示手法の中から可読距離が遠くなった2つの手法と可読距離が遠くなる可能性のあった1つの手法に対して詳細な実験を行い、さらに、3つの

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University
² 科学技術振興機構さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

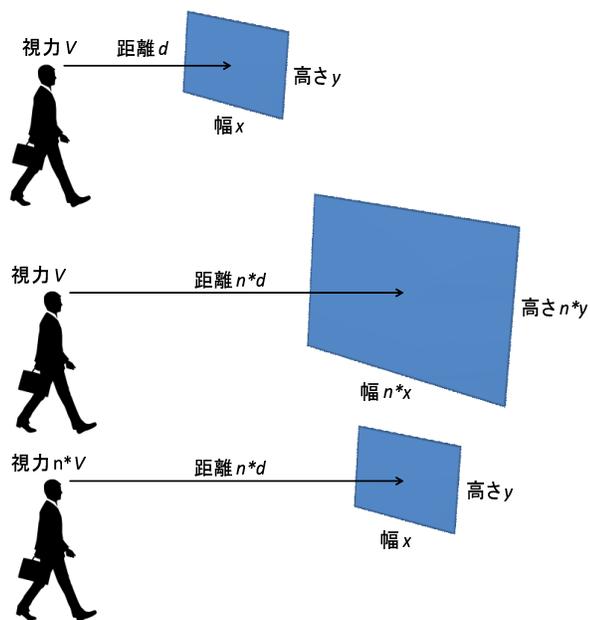


図 1 提示サイズや視力と可読距離との関係

Fig. 1 Relationship between information size and viewer's eyesight

複数情報同時提示手法を提案する。文字情報提示手法の実験では、直線の本数や線の回転角度などと文字の認識サイズとの関係を調査する。複数情報同時提示手法では、文章中の文字色を部分的に変更することで、文章の中に単語や記号を描画し、視力や視距離の違いに応じて異なる情報を得られる提示手法を提案する。手法によって、文章中に表示する単語や記号の表示方法が異なり、単語や記号の枠部分のみ文字色を変更させたり、アニメーションを利用したりしている。複数情報同時提示手法の評価実験では、小さな文字からなる詳細情報と単語や図形などの簡易情報の2つの情報を同時提示し、距離の変化によってどちらの情報に意識がいくかを評価する。

本稿は以下のように構成されている。第2章で関連研究について記述し、第3章では文字情報提示手法について、第4章では複数情報同時提示手法について詳しく説明する。最後に第5章でまとめを述べる。

2. 関連研究

視力に関する研究として、視覚障害者向けの研究と近視者が裸眼になるような状況での研究がある。視覚障害者向けの研究として、文字を大きく表示して読みやすくする拡大読書器 [4] やロービジョン者の PC 環境改善を考察した研究 [5] がある。これらの研究では文字サイズの拡大や色覚を考慮した配色によって視覚情報の利便性を高めている。製品としても拡大鏡のように文字を拡大してロービジョン者を支援するシステムがあり、すでに利用されている。

視距離の違いによってユーザに異なった映像を提示するシステム [6] が Vogle らによって提案されている。このシ

ステムはユーザの距離をセンシングすることで、一定の距離ごとに異なった映像を提供している。同様にディスプレイとユーザの距離によって異なったインタラクションが行われるアンビエントディスプレイ [7] が Prante らによって提案されている。複数の LED を利用したディスプレイと手持ちのデバイスによって、距離ごとに異なるインタラクションを行う。これらは複数のユーザに対して異なった映像を同時に提供できない問題がある。また、ユーザがデバイスを装着・保持する必要がある。

異なる視距離の情報を同時に提示する手法がいくつか研究されている。The hybrid image project [8] は2つの異なる画像を単一ディスプレイ上に同時提示できる。高い空間周波数画像と低い空間周波数画像の合成によって、異なる2つのコンテンツが距離に応じて異なる画像に見える。

モザイク画像を利用して視距離に応じた異なった映像を同時提示する手法 [9] が鈴木らによって提案されている。これは、一定距離以降からなら内容が認識可能になるモザイク画像の特徴を応用し、遠近2つの領域にいるユーザに対してそれぞれの視距離に適した情報を同時に提供できる。

これらは画像に関して研究しているが、本研究では文字情報を利用した提示手法を提案する。

3. 文字情報提示手法

視距離が遠い場合や近視で裸眼でいる場合、看板や案内板、注意書きなどに書いてある文章が読めず、情報を得られないことがある。そのような状況では、細かな文字は読み取りづらいが、単純な図形や線、動きなどは視認できるため、これらを文字や文章構造の把握に利用する。

我々の研究グループではこれまで、視距離が遠い場合や裸眼でいる場合でも文字を認識させる5つの方式を提案し、有効性を評価した [3]。本稿では、5つの文字情報提示手法の中から可読距離が遠くなった2つの手法と可読距離が遠くなる可能性のあった1つの手法に対して詳細な実験を行うため、以下で紹介する。

書き順アニメーション

人間の目は動きに敏感である。TextureWorld [10] では動きのあるときだけ枠を認識でき、動きが無くなった瞬間に枠を認識できなくなることを示している。これは視距離が遠い場合や近視で裸眼でいる場合でも同じように、動きのあるときだけ枠を認識できると考えられる。このようにアニメーションの動きが単純であれば、視距離が遠い場合や近視で裸眼でいる場合でも認識できる。そこで、図2のような書き順に沿ったアニメーション表示によって、書き順から文字を連想させ認識を容易にする。書き順アニメーションはひらがなの場合、1文字当たり20枚から30枚程度の画像データを用い、20msごとに画像を切り替えて表示する。画像の切り替え速度は予備実験より決定した。文字が多い場合、全ての文字のアニメーションを同時に動かす



図 2 書き順アニメーション

Fig. 2 Method using stroke order



図 3 文字を振動

Fig. 3 Method of shaking the character

と動作箇所が多すぎて認知できない [11]. そのため、書き順アニメーションを 1 文字ずつ同時に動かすのではなく、単語ごとに同時に動かす。単語内では始めの文字から順に書き順アニメーションで文字を表示していき、最後の文字のアニメーションが終了したら、最初に戻り繰り返す。このように、書き順アニメーションを単語で連動させて、同時に動いている数を少なくし、認知できるようにする。

文字を振動

図 3 のように文字を振動させた場合、振動させた方向に伸びる直線は振動しても変化しない領域が多く、他の直線部分と異なって見ると考えられる。そのため、文字を左右方向や上下方向に振動させ、振動させた方向に伸びる線の視認性を向上させて文字形状の認知を助ける。振動を大きくすると提示領域を大きくしてしまうため、細かく振動させて視認性に影響があるかどうか確認する。文字の動く速さは細かい振動をさせるために、移動幅を片側 3px にし、1 往復の移動を 100ms で振動させる。文字の振動は 1 文字ずつでは無く、文章全体で振動させる。

文字の一部を削る

文字は図 4 のように一部が表示されていなくても認知できる可能性がある。人には視覚認知のための補間能力 [12] があり、目から脳に入ってきた不完全な情報に対して、ある程度で情報の意味を理解できる。視覚補間には、主観の輪郭やアモダルな補間、ジェネリックイメージなどいくつかあるが、この手法では、アモダルな補間を利用し、文字の一部を削ることであたかも文字の一部が隠れているように表示し、人の補間能力によって認知させる。視距離が遠い場合や近視者が裸眼の場合では、文字が小さいと読めないため内容を把握できない問題がある。そこで、人の補間能力を利用し、文字の一部を削ってでも表示サイズを大きくし、内容を把握できるようにする。

文字を削る領域は文字の認知が可能な範囲で行う。ひら



図 4 文字の一部を削る

Fig. 4 Method of reducing a part of character

がなの場合、「は」と「ほ」のように文字上部の情報を削ると文字の認知が不可能になる文字があるため、文字下部から文字情報を削る。予備実験から文字の下部を削っても文字の認知が可能な範囲は、文字の下部を 20% を削ったところまでである。

これらの提案手法をディスプレイに表示するシステムを実装し、評価した。評価実験から、書き順アニメーション手法と文字の一部を削る手法の有効性が確認できた。

3.1 評価実験

これまでの研究より手法の有効性が判別できたため、本稿では文字ごとの手法の影響を評価する。文字に含まれている直線や曲線、類似文字の影響を調査するため、直線が少ないひらがなではなく、アルファベットを実験で利用する。本実験は書き順アニメーションで文字表示する手法、文字を振動させる手法、文字の一部を削る手法に対して行った。書き順アニメーションで文字表示する手法と文字を振動させる手法では、手法なしの評価も各手法ごとに行った。これは、状況によって変化する視認性 [13] や視距離の誤差を減らすことを考慮した。実験は表示ディスプレイから 50cm 離れた位置で行い、近視の被験者 10 人に対して、裸眼の状態で行った。文字はアルファベット 26 文字を利用し、各手法に対してランダムな順序で 1 文字ずつ表示する実験を行った。見えない文字サイズから大きくしていき、見えた文字サイズを記録する。認知した文字が間違っていた場合、間違えた文字と文字サイズを記録し、正しく認知できるまで文字サイズを大きくする。文字のフォントは Calibri を利用した。

書き順アニメーション

各アルファベットに対して、10 枚程度の画像を利用して書き順アニメーションを表示する。各画像は 70ms ごとに切り替え、繰り返し再生して提示する。手法なしと手法ありに対して実験を行った。手法なしの実験結果を図 5、図 6 に、手法ありの実験結果を図 7、図 8 に示す。

図 5 はアルファベットの見た大きさの平均値から各アルファベットの見た大きさをパーセント表示している。これは、被験者によってアルファベットの見た大きさの平均値が異なっているため、各被験者のデータを比較できるようにした。視力の違いだけであれば、視力の差による変化を考慮したデータで比較できるが、被験者によって乱視であったり、実験時の状態によって見え方に変化があっ

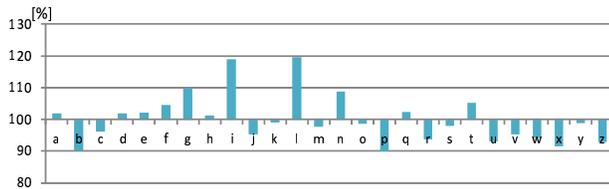


図 5 平均値と比較したアルファベットの大きさ (手法なし)

Fig. 5 Alphabet size compared with the average in conventional method

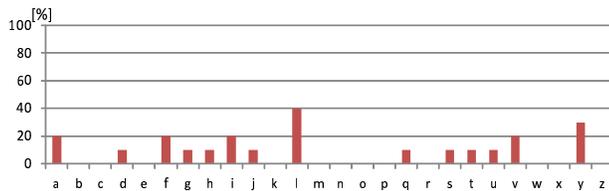


図 6 アルファベットの誤認識率 (手法なし)

Fig. 6 Miss recognition rate in conventional method

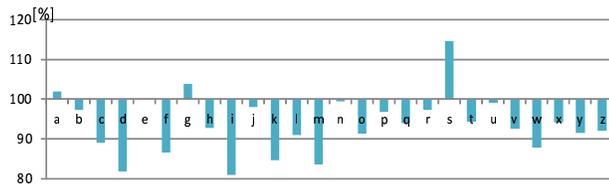


図 7 書き順アニメーション時のアルファベットの見え方 (手法なしと比較)

Fig. 7 Alphabet size in the method of stroke order compared with the size in conventional method

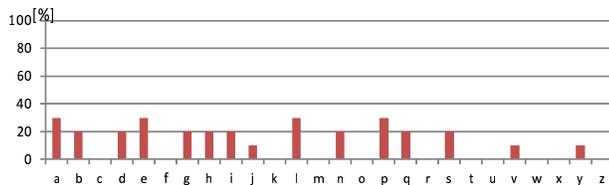


図 8 書き順アニメーション時の誤認識率

Fig. 8 Miss recognition rate in the method of stroke order

たりするため、被験者ごとに全てのアルファベットの平均値を導出し、平均値からの各アルファベットの見えた大きさをパーセントで比較することで、各アルファベットの見え方の違いを比較できると考えられる。

図 7 は書き順アニメーションで文字表示する手法の値を手法なしの値から割合にし、手法なし時と比較して書き順アニメーションで表示した場合、どの程度の大きさでアルファベットを表示できるかパーセントで示した。図から判断できるように、ほとんどのアルファベットにおいて書き順アニメーションで文字表示する手法の方が手法なしと比べて小さい文字で見えている。

誤認識率は手法なしと書き順アニメーションを比較すると全体で 8.8%と 12%となり、書き順アニメーションのと

表 1 書き順アニメーション時の誤認識文字

Table 1 Miss recognition rate in the method of stroke order

提示文字	認識文字		
a	j(10%)	o(10%)	q(10%)
b	h(20%)		
c			
d	j(10%)	q(10%)	
e	c(20%)	g(10%)	
f			
g	k(10%)	s(10%)	
h	b(10%)	d(10%)	
i	j(10%)	l(20%)	
j	l(10%)		
k			
l	i(20%)		
m			
n	m(10%)	r(10%)	
o			
p	q(30%)		
q	g(10%)	u(10%)	
r			
s	g(10%)	y(10%)	
t			
u			
v	u(10%)		
w			
x			
y	w(10%)		
z			

きは誤認識率が高くなっている (図 6, 図 8)。誤認識した場合、正しく認識できるまで文字サイズを拡大するため、正しく認識できた文字サイズが手法なしより小さく、誤認識率が高いことは、書き順のアニメーションによって推測が可能になったといえる。

表 1 からわかるように誤認識している文字は類似文字が多く、文章を読む場合などではアルファベットは文章の流れから推測できるため、文章を読むときはアルファベットを認識した大きさより、小さい大きさで読める可能性がある。

文字ごとの比較としては、描画範囲の最長部分の長さ、直線の本数、線の回転角度が関係している可能性がある。目は視力によって検知できる最小の視角は決まっており、視力 V のとき、検知できる最小の視角 $s[\text{min}]$ は

$$V = 1/s \quad (1)$$

で表される [14]。これは、視力が 1.0 のとき 5m 離れた地点の 1.5mm の大きさを検知できる。視力 V と距離 $d[\text{m}]$ 、検知できる最小の幅 $t[\text{mm}]$ とすると、

$$t = 3d/10V \quad (2)$$

になる。検知できる最小の幅より小さな大きさは検知できないため、アニメーションの動きがこの幅より小さい場合、どのアルファベットか認識できない。そのため、検知でき

表 2 書き順アニメーション時のアルファベットの分類

Table 2 Characteristics of alphabets in the method of stroke order

提示文字	描画範囲の最長 [cm]	直線の本数 [本]	線の回転角度 [°]
a	2.5	0	450
b	3.5	1	180
c	2.5	0	270
d	3.5	1	180
e	2.5	1	360
f	3.5	1	90
g	3.5	0	720
h	3.5	2	135
i	2.5	2	0
j	3.5	2	90
k	3.5	3	0
l	3.5	1	0
m	3.5	3	270
n	2.5	2	135
o	2.5	0	360
p	3.5	1	180
q	3.5	1	180
r	2.5	1	90
s	2.5	0	360
t	3.0	1	90
u	2.5	1	135
v	2.5	2	0
w	3.5	5	0
x	2.5	2	0
y	3.5	2	0
z	2.5	3	0

る最小の幅以上のアニメーションの動きが必要である。描画範囲の最長部分が短い文字ではアニメーションの動きが小さくなるため、描画範囲の最長部分が長い文字と比較して、提示サイズを大きくしないと認識できない可能性がある。同様に、曲線のアニメーションの動きは直線のアニメーションの動きより小さな範囲になるため、直線の多いアルファベットが認識しやすくなる可能性がある。そこで、描画範囲の最長部分、直線の多さ、線の回転角度が文字の見え方にどのように影響するか調査する。

まず、描画範囲について考える。描画範囲の最長部分をアルファベットごとに導出する(表 2)。アルファベットの最長部分は a の描画範囲の最長部分 2.5cm を基準として他のアルファベットの値を導出した。表 2 の値を利用し、手法なしと比較した書き順アニメーション時のアルファベットの見えた大きさの割合との相関係数 r を導出したところ、 $r = -0.349$ となり、やや負の相関がある。

同様に、直線の多さについても相関関係を調べる。表 2 のようにアルファベットを直線の数ごとに分類し、直線の数と手法なしと比較した書き順アニメーション時のアルファベットの見えた大きさの割合で相関関係をみる。直線の数とアルファベットの見えた大きさの割合との相関係数 r は $r = -0.476$ となり、負の相関があると判断できる。

線の回転角度についても相関関係を調べる。アルファ

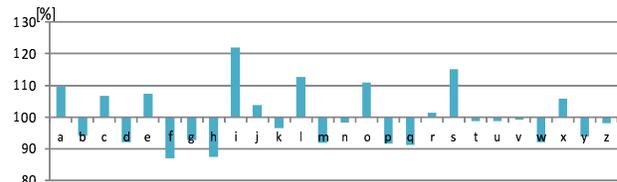


図 9 平均値と比較したアルファベットの見えた大きさ (手法なし)
Fig. 9 Alphabet size compared with the average in conventional method

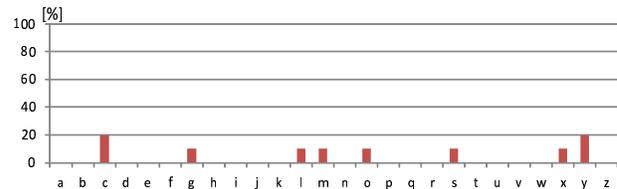


図 10 アルファベットの誤認識率 (手法なし)
Fig. 10 Miss recognition rate in conventional method

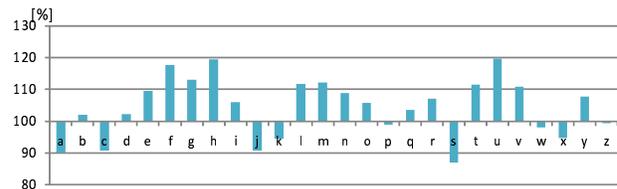


図 11 振動時のアルファベットの見えた大きさ (手法なしと比較)
Fig. 11 Alphabet size in the method of shaking the character compared with that in conventional method

ベットを線の回転角度で分類する。線の回転角度とアルファベットの見えた大きさの割合とのスコアで相関関係をみる。線の回転角度によるアルファベットの見えた大きさの割合との相関係数 r は $r = 0.508$ となり、正の相関があると判断できる。

これらより、文字の描画範囲、直線の数、線の回転角度が認識できる文字サイズに影響している可能性があるといえる。

文字を振動

予備実験では結果がでなかったが、曲線の多いひらがなと違い、直線の多いアルファベットでは文字を振動させる手法が有効な可能性があるため、アルファベットによる実験を行った。振動は左右方向にし、文字の動く速さは予備実験と同様に、移動幅を片側 3px、1 往復の移動を 100ms で振動させる。

手法なしの実験結果を図 9、図 10、文字を振動させる手法の実験結果を図 11、図 12 に示す。全体として文字を振動させる手法を利用して文字サイズは小さくなっていない。そこで水平方向に動かしたときにアルファベットの縦線や横線がどのように影響するか相関関係を調べる。

表 3 はアルファベットごとの横線と縦線の本数を示している。手法なしと比較した文字を振動させる手法でのア

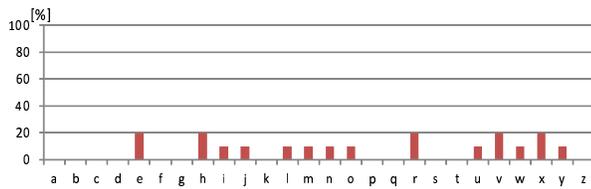


図 12 振動時の誤認識率

Fig. 12 Miss recognition rate in the method of shaking the character

表 3 振動時のアルファベットの分類

Table 3 Characteristics of alphabets in the method of shaking the character

提示文字	横線の本数 [本]	縦線の本数 [本]
a	0	0
b	0	1
c	0	0
d	0	1
e	1	0
f	1	1
g	0	0
h	0	2
i	0	1
j	0	1
k	0	1
l	0	1
m	0	3
n	0	2
o	0	0
p	0	1
q	0	1
r	0	1
s	0	0
t	1	1
u	0	2
v	0	0
w	0	0
x	0	0
y	0	0
z	1	0

アルファベットのサイズと横線の本数，縦線の本数の相関関係を調べると，横線の本数と文字サイズの相関係数 r は $r = 0.243$ となり，弱い正の相関がある．縦線の本数と文字サイズの相関係数 r は $r = 0.4833$ となり，正の相関がある結果となった．これより，文字を振動させることで動かし方向に垂直な直線が少ないほど認識に必要な文字サイズが減少する可能性があるといえる．誤認識率は手法なし時の 3.8 パーセントと比べて 6.5 パーセントとなり，値が高くなっている．振動においても書き順アニメーションと同じく，手法なしと比べてアルファベットを類推できる可能性がある．

文字の一部を削る手法

アルファベットは上部・下部ともに一部を削ると認識できない可能性があるが，今回はアルファベットの下部を 20

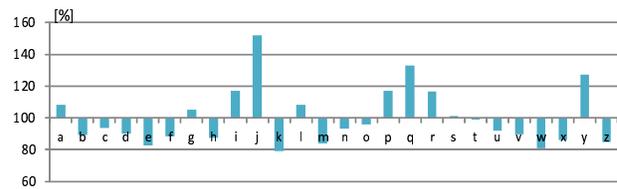


図 13 文字の一部を削る手法のアルファベットの見た大きさ (平均値と比較)

Fig. 13 Alphabet size using the method of reducing a part of character compared with the size in conventional method

表 4 文字の一部を削る手法の誤認識文字

Table 4 Miss recognition rate in the method of reducing a part of character

提示文字	誤認識文字	
a	e(10%)	
b	k(10%)	h(10%)
c	r(10%)	
d		
e		
f		
g	e(10%)	
h		
i	j(20%)	
j	i(80%)	
k		
l	i(10%)	
m	n(10%)	
n		
o	g(10%)	
p	n(10%)	o(10%) q(10%)
q	g(10%)	o(10%) a(10%)
r	f(10%)	
s		
t		
u		
v		
w		
x		
y	v(60%)	
z		

パーセント削ったときの見え方について評価する．

実験結果を図 13 と表 4 に示す．図 13 は文字の一部削る手法の平均値から各アルファベットの値の割合を示している．文字の下部を 20 パーセント削ると， i と j や v と y のような文字の判別が難しくなる．表 4 から j や y の誤認識率の高さがわかる．しかし，認識するために平均より大きな文字サイズが必要だったアルファベットは他の同じ文字サイズでいくつかの類似文字に絞られていると考えられる．1 文字では複数の候補文字から決定できないが，文章の場合では文字が正しく認識できていなくても，文章の流れから文字を類推できる可能性がある．その場合，アルファベットにおいても文字の下部 20 パーセントを削るこ

現在、多くの人が近視のためにメガネやコンタクトを利用して生活している。近視は屈折異常の一種で、遠方から目に入ってきた光が網膜の手前で集まり、物がぼけて見える状態を指す。そのため、近視者は、裸眼の状態では文字の認識や物の詳細を把握しづらい。しかし、睡眠前後や入浴時、プール、海辺ではメガネやコンタクトを装着しない。または装着できないことが多く、そのような状況では近視者は裸眼状態で行動しなければならぬ。近視の度合いにもよるが、近視者が裸眼状態で行動すると様々な不便を強いられる。例えば、ディスプレイの映像や時計、看板の内容がぼけて重要な情報を見逃す、入浴時の温度調整で似たボタンが並んでいると判別がつかず誤ったボタンを押すといった状況に陥る。そのような問題を解決するために、裸眼ではなく、聴覚や触覚を利用したシステムが視覚障害者向けに開発されてきた。これは裸眼状態の近視者でも利用できるが、一貫性が無く、視覚と比較して一度に得られる情報量が少ない。さらに、近視者以外も利用するような環境では、視覚に加えて聴覚や触覚を利用するために機能を付ける必要があり、コストがかかる問題がある。視覚情報を利用するシステムとして、ロービジョン者向けの研究があるが、読書や学習を想定した研究が多く、近視者が裸眼になる状況に陥る。そのような問題を解決するために、視覚者に大きく視覚情報を提示できる範囲が限られている場合、大きく表示する一貫性が無くなる問題がある。そこで本研究では、提示領域が狭い場合でも、近視者が裸眼時に容易に情報を得られるような、視覚情報提示システムを開発する。本稿では文字情報提示に対して2つの手法を提案する。これらは裸眼時の近視者のぼけた視界でも認識できるように、文字に動きや色、大きさの変化を与えて認識を助ける手法である。本稿は以下のように構成されている。第2章で関連研究について記述し、第3章では文字情報提示手法について、第4章では評価実験について詳しく説明する。第5章で考察し、最後に第6章でまとめを述べる。視界がぼけた状態でも色の識別がしやすいと仮定し、記号のみに色を変更して文章を認識しやすくする。人は文章を読むときに文字すべてを注意深く見ているわけではない。文章の流れから文字を認識している10)。そのため、単語を品詞ごとに色分けすることで文章の構成を把握でき、文章の内容を予測しやすくする。また、近視者は緑色より赤色の方が認識しやすいため、赤色の文字を中心に利用する。これは近視者

図 14 文章中の文字色を簡易情報部分のみ変更

Fig. 14 The method of overlaying a text with a word or a symbol by changing the color of words



図 15 簡易情報部分の文字色の変更箇所を移動

Fig. 15 The method of moving the overlaying information

とで文字を大きく提示できる。

4. 複数情報同時提示手法

提案手法では文章のような詳細情報と単語や記号のような簡易情報の2つの情報を、視力や視距離によって変わるものの見え方を利用して提示する。詳細情報と簡易情報を単純に重ねて提示した場合、両者の描画の線が重なり読みにくくなる。また、詳細情報が読める状況では両方の情報を視認できる問題があり、詳細情報と簡易情報で異なる意味の情報を提示できない。例えば、案内板において簡易情報と詳細情報で異なる意味の情報提示ができると、案内板までの視距離によって目的地までの最適なルートが変わる場合に有効である。そこで、単語や記号の情報は文字色を部分的に変化させることで描画し、提示する。以下に文章中に低視力、遠距離からでも視認できる単語や記号の情報を描画する情報提示方法を提案する。

文章中の文字色を部分的に変更する手法

これは図 14 のように文章の文字色を簡易情報の部分のみ変化させる手法である。図 14 は文章中に右矢印の記号を描画したものである。色は文章の読みやすさを考慮し、明度差が少なく簡易情報が読める明度に設定する。

問題点として、明度差を増加させると詳細情報を読むときにも簡易情報が認識でき、2つの情報で異なる情報の提示はできず、明度差を減少させると簡易情報を認識できなくなる。

簡易情報部分の文字色の変更箇所を移動

前述の手法の問題を解決するために、簡易情報の枠もしくは簡易情報の主観的輪郭 [15] を錯覚させる描画部分のみ文字色を変更し、文章を読むときに簡易情報の認識を避ける。主観的輪郭とは輪郭線に沿った輝度や色の変化が存在しないにもかかわらず、輪郭線が知覚される錯視のことである。近視の人が裸眼でいる状況や遠距離にいる状況では簡易情報を認識させる必要がある。

図 15 のように文字色の明度差は文章を読むときに簡易情報を認識できない値に設定し、近視の人が裸眼でいるときや遠距離にいるために文章が読めないときに簡易情報を認識できるよう、文章の文字色の変化位置を動かし、簡易情報が動いているように知覚させる。簡易情報の移動により、停止時には視認できなかった簡易情報の形を視認させる。これは、人間が動きに敏感であり、動きのあるときだけ枠を認識でき、動きが無くなった瞬間に枠を認識できなくなる現象 [10] を利用した。

簡易情報を動かす速度はテロップの最適文字表示速度である 5~7.5 文字/秒 [16] の範囲で動かす。

簡易情報をアニメーションで表示

簡易情報を文字色の変更によってアニメーション表示する。単語なら書き順、記号なら枠を一定時間ごとに文字色の変更箇所を推移させて表示する。近視の人が裸眼でいる状況や遠距離にいる状況では文字色の変更箇所は認識できるが、変更箇所の推移によって知覚できる簡易情報を認識できないと想定した。これにより、文章を読むときに簡易情報の認識を避け、近視の人が裸眼でいる状況や遠距離にいる状況では簡易情報を認識させる。

4.1 実験

各手法について、近距離と遠距離や近視者の裸眼時のどちらで文章と簡易情報を認識できるか調査する。被験者は晴眼者で、距離は 3m, 2m, 1m, 50cm の 4 つに対して実験を行う。ディスプレイの解像度は 1920×1200 ピクセルで文章の文字サイズは 20pt, 表示する記号のサイズは 700×750 ピクセルである。文字色は黒色 (RGB=[0,0,0]) で、記号部分のみ灰色 (RGB=[200,200,200]) を利用した。記号は右矢印の記号を利用し、以下の 4 種類を提示した。

- 文字色を矢印部分のみ変更
- 文字色を矢印の枠部分のみ変更し、右方向へ移動
- 文字色を矢印の角部分のみ変更し、右方向へ移動
- 文字色を矢印の枠部分のみアニメーションで変更

アニメーションは 1 秒間で 1 巡する速さで動かした。被験者に対して、各距離において文章と簡易情報のどちらに意識がいくか 5 段階でアンケートをとった。5 段階評価の値が大きいほど文章に意識がいき、小さいほど簡易情報に意識がいつている。

実験結果を図 16 に示す。図 16 から距離が 3m の場合、

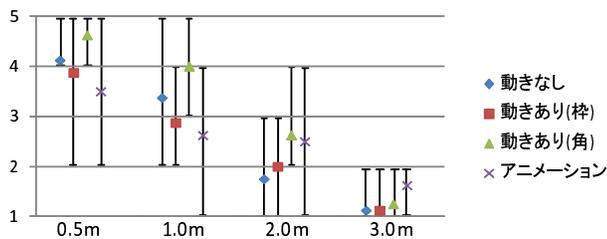


図 16 各手法に対するアンケート
Fig. 16 The result of questionnaire

矢印にほとんど意識がいつているのがわかる。距離 3m は文章が読めない距離であり、そのため矢印に意識がいつている。距離が 2m, 1m, 0.5m と近くなるにつれて、文章に意識が向いている。矢印の枠部分のみアニメーションで変更した場合、他の方法と比較して近距離でも矢印に注意がいく。この方法についての被験者からの意見として、動きに気をとられる、ちかちかして気になるなどアニメーションの動きの影響で、近距離での矢印に注意がいつていることがわかる。文字サイズと視力との関係は線形であるため、裸眼で近視の状況でも遠距離の時と同様の結果が得られると考えられる [17]。以上の結果より、近距離では文章に意識がいき、遠距離では矢印に意識がいつているため、視力や視距離に応じたコンテンツを提示できるといえる。

5. まとめ

本研究では、書き順アニメーションで文字表示する手法と文字を振動させる手法、文字の一部を削る手法に対して、アルファベットごとに評価を行い、相関関係を調べることで手法ごとの特性を確認した。特に直線や線の回転角度は文字サイズと相関があり、アルファベット以外のコンテンツに対しても応用できる可能性がある。さらに、複数情報同時提示手法を提案し、文章の文字色の変更によって文章上に簡易情報を提示した。簡易情報の枠や主観的輪郭、アニメーションを利用し、近距離と遠距離や近視で裸眼の状況で得られる情報を変化できることが評価実験からわかった。

今後の課題として、文字情報提示手法では手法ごとにコンテンツによって提示サイズを決定可能な式の導出が必要である。式の導出にはコンテンツの認識に影響すると考えられる、複数情報同時提示手法においては、実環境での利用によって詳細情報と簡易情報がユーザにどのような影響をもたらすのか評価する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)および文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(20240009)によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 石原久代: 文字デザインの可読性に関する研究, 名古屋女子大学紀要, 家政・自然編, Vol. 46, pp. 111-117 (2000).
- [2] 宮下桂子, 椎名 健: 書体の太さと視距離の関係における文字の見やすさ評価: 最小可読文字サイズから算出した最適文字サイズにおいて, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 107, No. 369, pp. 109-112 (2007).
- [3] 堀江達矢, 片山拓也, 寺田 努, 塚本昌彦: 近視者のための裸眼状況向け文字情報提示手法, 情報処理学会研究報告(ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), Vol. 2012-HCI-147, No. 5, pp. 176 (2012年3月).
- [4] 青木恭太, 秋山 仁, 四之宮佑馬, 村山慎二郎: 画像処理技術による拡大読書器の実現, 電子情報通信学会技術研究報告(WIT2006-14), Vol. 106, No. 57, pp. 77-81 (2006).
- [5] 村山慎二郎, 青木恭太, 島津典子, 新井愛一郎, 新井田孝裕, 四之宮佑馬: 弱視者の PC 環境改善のための方策, 電子情報通信学会技術研究報告(WIT2009-44), Vol. 109, No. 29, pp. 221-226 (2009).
- [6] D. Vogel and R. Balakrishnan: Interactive Public Ambient Displays: Transitioning from Implicit to Explicit, Public to Personal, Interaction with Multiple Users, *Proc. of the 17th Symposium on User Interface Software and Technology(UIST2004)*, Vol. 28, No. 1, pp. 137-146 (2004).
- [7] T. Prante, C. Rocker, N. Streitz, R. Stenzel, C. Magerkurth, D. Alphen, and D. Plewe: Hello. Wall - Beyond Ambient Displays, *Proc. of the 5th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp2003)*, pp. 277-278 (2004).
- [8] A. Oliva, A. Torralba, and P. Schyns: Hybrid Images, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 25, No. 3, pp. 527-532 (2006).
- [9] 鈴木裕太, 小池英樹: モザイク画像を利用した遠近画像の同時提示手法, 日本ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2012), pp. 61-66 (2012).
- [10] TextureWorld: <http://persistent.org/medialab/WORKS021.html>.
- [11] B. J. Scholl and Z. W. Pylyshyn: Tracking Multiple Items Through Occlusion: Clues to Visual Objecthood, *Cognitive Psychology*, Vol. 38, No. 2, pp. 259-290 (1999).
- [12] Y. Jiang, M. Ikegami, H. Yanagida, T. Takahashi, and S. Wang: Quantification of the Human Ability to Identify Fragmented Letters Through Visual Interpolation, *Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering*, Vol. 48, No. 4, pp. 369-376 (2010).
- [13] 山本理絵, 井上容子: 生活行為が視認性の日変化に及ぼす影響, 日本建築学会近畿支部研究報告集, pp. 77-80 (2005).
- [14] 池田光男: 視覚の心理物理学, 森北株式会社出版(2009).
- [15] 廣瀬 修, 長尾智晴: 誘導図形を滑らかに接続する主観的輪郭線モデル, 映像情報メディア学会論文誌, Vol. 61, No. 10, pp. 1496-1503 (2007).
- [16] 金岡宏太, 中山亮介, 納富一宏, 斎藤恵一: 可読性を考慮したニュース速報のテロップ表示における最適速度の基礎的検討, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 8, No. 3, pp. 511-512 (2007).
- [17] 舟川政美: 文字の可読性に関する実験的研究, 照明学会誌, Vol. 84, No. 11, pp. 785-792 (2000).