

# カーブボール錯視を用いた垂直リニアベクションの生成と評価

斎藤 文人<sup>†1,a)</sup> 中西 泰人<sup>1,†1,b)</sup>

**概要：**ベクションとは、視覚刺激を観察することで発生する運動感覚である。これは人工現実感（VR）の向上の指標としても用いられるが、本研究では拡張現実感（AR）システムの中で錯覚により垂直リニアベクション（LV）を実現することを提案する。AR システムでは現実の様子も見えるため、視覚刺激の全てを人工的に提示できない。現実の様子に錯覚を重ねて LV を生成できれば、現実の体験を拡張することができ、AR システムにおけるコンテンツの臨場感や表現力の向上が期待できる。実験 1 では視覚刺激の種類が LV に与える影響を確認した。結果、カーブボール錯視を用いた視覚刺激が最も強い LV を発生させることを確認した。実験 2 では、垂直方向の加速度と視覚刺激の関係性について分析を行った。結果、垂直方向の加速度と視覚刺激を連動させた場合に LV の強度が高まることが示唆された。

## 1. はじめに

関連研究と研究意義の解説。

- ・ VR コンテンツにおける臨場感を上げる技術の開発が求められている
- ・ 今後、VR よりも AR の市場規模が大きくなるという予測がある
- ・ AR は VR と比べて現実の様子が見えてしまうため臨場感を出しにくい
- ・ そこで本稿では、床面に錯視をテクスチャとして貼り付けることで、上下方向のベクションを生成する手法を提案し、その効果を被験者の主観反応を測定する実験によって確認する。

## 2. 実験環境

### 2.1 頭部装着型ディスプレイ

- ・ ベクションの知覚には周辺視野角が重要であることが知られている
- ・ ベクション強度の測定のため、被験者の頭部の動きを計測する必要がある
- ・ 実験に用いる HMD として、Oculus 社の Rift S を採用した

### 2.2 視覚刺激

- ・ VR 空間内の床に直径 50cm の円形ドットを生成
- ・ 白点は黒色の背景に白色の円形ドットで構成されている
- ・ 白点が占める面積は全体の面積の 20%とした
- ・ ドットの直径は視野角に換算して 2 度とした

## 3. 予備実験：垂直ベクションを知覚する視覚刺激の確認

### 3.1 実験目的

- ・ 知覚する垂直リニアベクション強度が弱いと

## 4. 論文の構成

ファイルは次のようになる。下線部は投稿時に省略可能なもの。またトランザクション特有コマンドについては ?? 節を参照されたい。

```
\documentclass[submit]{ipsj}または
\documentclass[submit,draft]{ipsj}*1
必要ならばオプションのスタイルを追加
\underline{\setcounter{巻数}{<巻数>}}
\underline{\setcounter{号数}{<号数>}}
\underline{\setcounter{page}{<先頭ページ>}}
\underline{\受付{<年>}{<月>}{<日>}}
\underline{\採録{<年>}{<月>}{<日>}}
必要ならばユーザのマクロをここに記述
\begin{document}
```

<sup>1</sup> 情報処理学会

<sup>†1</sup> 現在、慶應義塾大学

<sup>a)</sup> mondo@sfc.keio.ac.jp

<sup>b)</sup> naka@sfc.keio.ac.jp

<sup>\*1</sup> [draft] は投稿用、スタイルオプションは 4.1 節参照。

```

\title{表題 (和文)}
\etitle{表題 (英文)}
\affiliate{所属ラベル}{<和文所属>\<英文所属>}
  必要ならば \paffiliate により現在の所属を宣言する
\paffiliate{現所属ラベル}{<和現所属>\<英現所属>}

\author{情報 太郎}{Taro Joho}
  {<所属ラベル>}[E-mail]
\author{処理 花子}{Hanako Shori}
  {<所属ラベル 2, 現所属ラベル 3>}

\begin{abstract}
<概要 (和文) >
\end{abstract}
\begin{keyword}
<キーワード>
\end{keyword}
\begin{eabstract}
<概要 (英文) >
\end{eabstract} \begin{ekeyword}
<KeyWords>
\end{ekeyword}
\maketitle
\section{第 1 節の表題}
.....
  <本文>
.....
謝辞がある場合は
\begin{acknowledgment}
\end{acknowledgment}

\begin{thebibliography}{99}%9 or 99
\bibitem{1}
\bibitem{2}
\end{thebibliography}

付録がある場合は
\appendix
\section{付録 1 節の表題}

\begin{biography}
\profile{<X>}{<苗字 名前>}{<プロフィール文章>}
\end{biography}
\end{document}

```

## 4.1 オプション・スタイル

\documentclass{ipsj}のオプション<sup>\*2</sup>として、以下のものを用意してある。何も定義しなければ和文論文用の標準スタイルとなるが、今回、組版の際に和文論文のタイトル、和文論文種別に「太ミン」「太ゴ」のフォントを使用しているため、TeX 標準フォントに置き換える submit というオプションを用意した。

- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| (1) submit         | フォント置換用   |
| (2) draft          | 投稿用       |
| (3) invited        | 招待論文      |
| (4) sigrecommended | 推薦論文      |
| (5) technote       | テクニカルノート用 |
| (6) preface        | 序文用       |
| (7) JIP            | 英文用       |

これらのオプションは任意の組合せで使用が可能である。

\documentclass[submit,draft]{ipsj}とすれば、投稿用のスタイルとなる。

なお、\usepackage で補助的なスタイルファイルを指定した場合には、最終原稿用のファイル群に必ずスタイルファイルを含める。ただし、L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub> の標準配布に含まれているもの（たとえば graphicx）については同封の必要はない。

スタイルファイルによっては論文誌スタイルと矛盾するようなものもあるので、注意して使用して頂きたい。

## 4.2 表題・著者名等

表題、著者名とその所属、および概要を前述のコマンドや環境により和文と英文の双方について定義した後、\maketitle によって出力する。

### 4.2.1 表題

表題は、\title および \etitle で定義した表題はセンタリングされる。文字数の多いものについては、適宜 \\\ を挿入して改行する。

### 4.2.2 著者名・所属

各著者の所属を第一著者から順に \affiliate を用いてラベル（第 1 引数）を付けながら定義すると、脚注に番号を付けて所属が出力される。なお、複数の著者が同じ所属である場合には、一度定義するだけで良い。

現在の所属は \paffiliate を用い、同様にラベル、所属先を記述する。所属先には自動で「現在」、\\ の改行で「Presently with」が挿入される。著者名は \author で定義する。各著者名の直後に、英文著者名、所属ラベルとメールアドレスを記入する。著者が複数の場合は \author を繰り返すことで、2 人、3 人、... と増えていく。現在の所属や、複数の所属先を追加する場合には、所属ラベルをカンマで区切り、追加すればよい。

<sup>\*2</sup> 研究会用のオプションは ?? 節で説明する。

また、メールアドレス部分は省略が可能だが、必ず代表者のアドレスは必要となる。なお、和文著者名、英文著者名は、姓と名を半角 (ASCII) の空白で区切る。

#### 4.2.3 概要

和文の概要は `abstract` 環境の中に、英文の概要は `eabstract` 環境の中に、それぞれ記述する。

#### 4.2.4 キーワード

和文の概要は `jkeyword` 環境の中に、英文の概要は `ekeyword` 環境の中に、それぞれ 1 から 5 語記述する。

### 4.3 本文

#### 4.3.1 見出し

節や小節の見出しには `\section`, `\subsection`, `\subsubsection`, `\paragraph` といったコマンドを使用する。

「定義」「定理」などについては、`\newtheorem` で適宜環境を宣言し、その環境を用いて記述する。

#### 4.3.2 行送り

2 段組を採用しており、左右の段で行の基準線の位置が一致することを原則としている。また、節見出しなど、行の間隔を他よりたくさんとった方が読みやすい場所では、この原則を守るようにスタイルファイルが自動的にスペースを挿入する。したがって本文中では `\vspace` や `\vskip` を用いたスペースの調整を行なわないようにすること。

#### 4.3.3 フォントサイズ

フォントサイズは、スタイルファイルによって自動的に設定されるため、基本的には著者が自分でフォントサイズを変更する必要はない。

#### 4.3.4 句読点

句点には全角の「.」、読点には全角の「,」を用いる。ただし英文中や数式中で「.」や「,」を使う場合には、半角文字を使う。「。」や「,」は使わない。

#### 4.3.5 全角文字と半角文字

全角文字と半角文字の両方にある文字は次のように使い分ける。

- (1) 括弧は全角の「(」と「)」を用いる。但し、英文の概要、図表見出し、書誌データでは半角の「(」と「)」を用いる。
- (2) 英数字、空白、記号類は半角文字を用いる。ただし、句読点に関しては、前項で述べたような例外がある。
- (3) カタカナは全角文字を用いる。
- (4) 引用符では開きと閉じを区別する。開きには ‘ ‘ を用い、閉じには ’ ’ を用いる。

#### 4.3.6 箇条書

箇条書に関する形式を特に定めていない。場合に応じて標準的な `enumerate`, `itemize`, `description` の環境を用いてよい。

#### 4.3.7 脚注

脚注は `\footnote` コマンドを使って書くと、ページ単位に\*<sup>3</sup>や\*<sup>4</sup>のような参照記号とともに脚注が生成される。なお、ページ内に複数の脚注がある場合、参照記号は  $\LaTeX$  を 2 回実行しないと正しくならないことに注意されたい。

また場合によっては、脚注をつけた位置と脚注本体とを別の段に置く方がよいこともある。この場合には、`\footnotemark` コマンドや `\footnotetext` コマンドを使って対処していただきたい。

なお、脚注番号は論文内で通し番号で出力される。

#### 4.3.8 Overfull と Underfull

組版時には `overfull` を起こさないことを原則としている。従って、まず提出するソースが著者の環境で `overfull` を起こさないように、文章を工夫するなどの最善の努力を払っていただきたい。但し、`flushleft` 環境、`\`, `\linebreak` などによる両端揃えをしない形での `overfull` の回避は、できるだけ避けていただきたい。また著者の執筆時点では発生しない `overfull` が、組版時の環境では発生することもある。このような事態をできるだけ回避するために、文中の長い数式や `\verb` を避ける、パラグラフの先頭付近では長い英単語を使用しない、などの注意を払うようにして頂きたい。

### 4.4 数式

#### 4.4.1 本文中の数式

本文中の数式は `$` と `$`, `\(` と `\)`, あるいは `math` 環境のいずれで囲んでもよい。

#### 4.4.2 別組の数式

別組数式 (`displayed math`) については `$$` と `$$` は使用せずに、`\[` と `\]` で囲むか、`displaymath`, `equation`, `eqnarray` のいずれかの環境を用いる。これらは

$$\Delta_l = \sum_{i=|l|}^L \delta_{pi} \quad (1)$$

のように、センタリングではなく固定字下げで数式を出力し、かつ背が高い数式による行送りの乱れを吸収する機能がある。

#### 4.4.3 eqnarray 環境

互いに関連する別組の数式が 2 行以上連続して現れる場合には、単に `\[` と `\]`, あるいは `\begin{equation}` と `\end{equation}` で囲った数式を書き並べるのではなく、`\begin{eqnarray}` と `\end{eqnarray}` を使って、等号 (あるいは不等号) の位置で縦揃えを行なった方が読みやすい。

#### 4.4.4 数式のフォント

$\LaTeX$  が標準的にサポートしているもの以外の特殊な数

\*<sup>3</sup> 脚注の例。

\*<sup>4</sup> 二つめの脚注。

```

\begin{figure}[tb]
<図本体の指定>
\caption{<和文見出し>}
\ecaption{<英文見出し>}
\label{...}
\end{figure}

```

図 1 1 段幅の図

```

\begin{minipage}[t]{%
{0.5\columnwidth}}
\CaptionType{table}
\caption{...}
\ecaption{...}
\label{...}
\makebox[\textwidth][c]{%
\begin{tabular}[t]{lcr}
\hline\hline
left&center&right\\\hline
L1&C1&R1\\
L2&C2&R2\\\hline
\end{tabular}}
\end{minipage}

```

図 2 表 1 の中身

表 1 図 2 で作成した表

left	center	right
L1	C1	R1
L2	C2	R2

式用フォントは、できるだけ使わないようにされたい。どうしても使用しなければならない場合には、その旨申し出て頂くとともに、組版工程に深く関与して頂くこともあることに留意されたい。

## 4.5 図

1 段の幅におさまる図は、図 1 の形式で指定する。位置の指定に h は使わない。また、図の下に和文と英文の双方の見出しを、`\caption` と `\ecaption` で指定する。文字数が多い見出しは自動的に改行して最大幅の行を基準にセンタリングするが、見出しが 2 行になる場合には適宜 `\\` を挿入して改行したほうが良い結果となることがしばしばある（図 1 の英文見出しを参照）。図の参照は `\figref{<ラベル>}` を用いて行なう。

また紙面スペースの節約のために、1 つの `figure`（または `table`）環境の中に複数の図表を並べて表示したい場合には、図 2 と表 1 のように個々の図表と各々の `\caption`/`\ecaption` を `minipage` 環境に入れることで実現できる。なお図と表が混在する場合、`minipage` 環境の中で `\CaptionType{figure}` あるいは `\CaptionType{table}` を指定すれば、外側の環境が `figure` であっても `table` であっても指定された見出しが得られる。

2 段の幅にまたがる図は、図 3 の形式で指定する。位置の指定は t しか使えない。

図の中身では本文と違い、どのような大きさのフォントを使用しても構わない（図 3 参照）。また図の中身として、`encapsulate` された PostScript ファイル（いわゆる

表 2 表の例

	column1	column2	column3
row1	item 1,1	item 2,1	—
row2	—	item 2,2	item 3,2
row3	item 1,3	item 2,3	item 3,3
row4	item 1,4	item 2,4	item 3,4

EPS ファイル）を読み込むこともできる。読み込みのためには、プリアンブルで

```
\usepackage{graphicx}
```

を行った上で、`\includegraphics` コマンドを図を埋め込む箇所に置き、その引数にファイル名（など）を指定する。

## 4.6 表

表の罫線はなるべく少なくするのが、仕上がりをすっきりさせるコツである。罫線をつける場合には、一番上の罫線には二重線を使い、左右の端には縦の罫線をつけない（表 2）。表中のフォントサイズのデフォルトは `\footnotesize` である。

また、表の上に和文と英文の双方の見出しを、`\caption` と `\ecaption` で指定する。表の参照は `\tabref{<ラベル>}` を用いて行なう。

## 4.7 参考文献・謝辞

### 4.7.1 参考文献の参照

本文中で参考文献を参照する場合には `\cite` を使用する。参照されたラベルは自動的にソートされ、`[]` でそれぞれ区切られる。

文献 `\cite{companion,okumura}` は  $\text{\LaTeX}$  の総合的な解説書である。

と書くと；

文献 [1], [2] は  $\text{\LaTeX}$  の総合的な解説書である。が得られる。

### 4.7.2 参考文献リスト

参考文献リストには、原則として本文中で引用した文献のみを列挙する。順序は参照順あるいは第一著者の苗字のアルファベット順とする。文献リストは `BiBTeX` と `ipsjunsrt.bst`（参照順）または `ipsjsort.bst`（アルファベット順）を用いて作り、`\bibliographystyle` と `\bibliography` コマンドにより利用することが出来る。これらを用いれば、規定の体裁にあったものができるので、できるだけ利用していただきたい。また製版用のファイル群には `.bib` ファイルではなく `.bbl` ファイルを必ず含めることに注意されたい。一方、何らかの理由で `thebibliography` 環境で文献リストを「手作り」しなければならない場合は、このガイドの参考文献リストを注意深く見て、そのスタイルにしたがっていただきたい。

### 4.7.3 謝辞

謝辞がある場合には、参考文献リストの直前に置き、

```

\begin{figure*}[t]
  <図本体の指定>
\caption{<和文見出し>}
\ecaption{<英文見出し>}
\label{...}
\end{figure*}

```

図 3 2 段階の図

acknowledgment 環境の中に入れる。この環境の中身は投稿時には出力されない。

#### 4.8 著者紹介

本文の最後 (`\end{document}` の直前) に、以下のよう  
に著者紹介を記述する。

```

\begin{biography}
\profile{m}{<第一著者名>}{第一著者の紹介}
\profile{m}{<第二著者名>}{第二著者の紹介}
\profile{m}{<...>}{\ldots}
\end{biography}

```

なお最初の引数を変えることで、会員種別が変わる。学  
生会員の場合は `s`、フェローの場合は `f`、非会員の場合は  
`n` を入れる。

```
\profile{n}{<第一著者名>}{第一著者の紹介}
```

なお著者紹介は投稿時には出力されない。

### 5. 論文内容に関する指針

論文の内容について、論文誌ジャーナル編集委員会で作  
成した「べからず集」を以下に示す。投稿前のチェックリ  
ストとして利用頂きたい。これ以外にも、査読者用、メタ  
査読者用の「べからず集」[8] も公開しているので、参照さ  
れたい。また、作文技術に関する [3], [4], [5], [6] のような  
書籍も参考になる。

#### 5.1 書き方の基本

- 研究の新規性、有用性、信頼性が読者に伝わるように  
記述する。
- 読み手に、読みやすい文章を心がける（内容が前後  
する、背景・課題の設定が不明瞭などは読者にとって  
負担）。
- 解決すべき問題が汎用化（一般的に記述）されてい  
ないのは再考を要する（XX 大学の問題という記述に終  
始）。あるいは、（単に「作りました」だけで）解決す  
べき問題そのものの記述がないのは再考を要する。
- 結論が明確に記されていない、または、範囲、限界、  
問題点などの指摘が適切ではない、または、結論が内  
容にそったものではないものは再考を要する。
- 科学技術論文として不適当な表現や、分かりにくい表

現があるのは再考を要する。

- 極端な口語体や、長文の連続などは再考を要する。
- 章、節のたて方、全体の構成等が適切でない文章は再  
考を要する。
- 文中の文脈から推測しないと内容の把握が困難な論文  
にしない。
- 説明に飛躍した点があり、仮説等の説明が十分ではな  
いのは再考を要する。
- 説明に冗長な点、逆に簡単すぎる点があるのは再考を  
要する。
- 未定義語を減らす。

#### 5.2 新規性と有効性を明確に示す

- 在来研究との関連、研究の動機、ねらい等が明確に説  
明されていないのは再考を要する。
- 既知／公知の技術が何であって、何を新しいアイデア  
として提案しているのかが書かれていないのは再考を  
要する。
- 十分な参考文献は新規性の主張に欠かせない。
- 提案内容の説明が、概念的または抽象的な水準に終始  
していて、読者が提案内容を理解できない（それだけ  
で新規性が感じられないもの）のは再考を要する。
- 論文で提案した方法の有効性の主張がない、またはき  
わめて貧弱なのは再考を要する。

#### 5.3 書き方に関する具体的な注意

- 和文標題が内容を適切に表現していないのは再考を要  
する。
- 英文標題が内容を適切に表現していない、または英語  
として適切でないのは再考を要する。
- アブストラクトが主旨を適切に表現していない、また  
は英文が適切ではないのは再考を要する。
- 記号・略号等が周知のものでなく、または、用語が適  
切でなく、または、図・表の説明が適当ではないのは  
再考を要する。
- 個人的あるいは非常に小さなグループ／企業だけで通  
用するような用語が特別な説明もなしに多用されてい  
るのは再考を要する。
- 図表自体は十分に明確ではない、または誤りがあるの

は再考を要する。

- 図表が鮮明ではないのは再考を要する。
- 図表が大きさ、縮尺の指定が適切でないのは再考を要する。

#### 5.4 参考文献

- 参考文献は10件以上必要（分野によっては20件以上、30件以上という意見もある）。
- 十分な参考文献は新規性の主張に欠かせない。
- 適切な文献が引用されておらず、その数も適切ではないのは再考を要する。
- 日本人によるしかるべき論文を引用することで日本人研究コミュニティの発展につながる。
- 参考文献は自分のものばかりではだめ。

#### 5.5 二重投稿

- 二重投稿はしてはならない — ただし国際会議に採択された論文を著作権が問題にならないように投稿することは構わない。
- 他の論文とまったく同じ図表を引用の明示なしに利用することは禁止。
- 既発表の論文等との間に重複があるのは再考を要する。

#### 5.6 他の人に読んでもらう

- 投稿経験が少ない人は、採録された経験の豊富な人に校正してもらう。
- 読者の立場から見て論理的な飛躍がないかに注意して記述する。

#### 5.7 その他

- 条件付採録後の修正で、採録条件以外を理由もなく修正することは禁止。
- ダブルブラインドなので査読者は選べない。
- 投稿前にチェックリストの各項目を満たしているか、必ず確認する。

### 6. おわりに

本稿では、A4 縦型 2 段組み用に変更したスタイルファイルを用いた論文のフォーマット方法と、論文誌ジャーナル編集委員会がまとめた「べからず集」に基づく論文の書き方を示した。内容的にまだ不十分の部分が多いため、意見、要望等を

`editt@ipsj.or.jp`

までお寄せ頂きたい。

謝辞 A4 横型に対するガイドを基に、本稿を作成した。クラスファイルの作成においては、京都大学の中島 浩氏にさまざまなご教示を頂き、さらに BiBTeX 関連ファイルの利用についても快諾頂いたことを深謝する。また、A4

横型に対するガイドを作成された当時の編集委員会の担当者に深謝する。

#### 参考文献

- [1] 奥村晴彦：改訂第 5 版 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub> 美文書作成入門，技術評論社 (2010)。
- [2] Goossens, M., Mittelbach, F. and Samarin, A.: *The LaTeX Companion*, Addison Wesley, Reading, Massachusetts (1993).
- [3] 木下是雄：理科系の作文技術，中公新書 (1981)。
- [4] Strunk W. J. and White E.B.: *The Elements of Style, Forth Edition*, Longman (2000).
- [5] Blake G. and Bly R.W.: *The Elements of Technical Writing*, Longman (1993).
- [6] Higham N.J.: *Handbook of Writing for the Mathematical Sciences*, SIAM (1998).
- [7] 情報処理学会論文誌ジャーナル編集委員会：投稿者マニュアル (online), 入手先 [http://www.ipsj.or.jp/journal/submit/manual/j\\_manual.html](http://www.ipsj.or.jp/journal/submit/manual/j_manual.html) (2007.04.05).
- [8] 情報処理学会論文誌ジャーナル編集委員会：べからず集 (online), 入手先 <http://www.ipsj.or.jp/journal/manual/bekarazu.html> (2011.09.15).