

行動における満足感向上を目指した視行動—聴覚情報間相互作用の特徴抽出
 Characteristics of interactions between eye movement and auditory information aiming at improvement of satisfaction in appreciation behavior

中村 健二郎[†] 小竹 元基[†] 中平 勝子[†] 北島 宗雄[†]
 Nakamura Kenjiro Shino Motoki Nakahira Katsuko, T. Kitajima Muneo

1. はじめに

1.1 社会的背景

我々は文化的な生活を営む上で、博物館やプラネタリウムといった鑑賞行動を伴うサービスを受ける。しかしサービスに関するアンケートでは満足感が低いという回答が見られ[1][2]、満足感の向上が求められる。

満足感の向上のための取り組みは色々なされている。例えば近年、鑑賞行動を伴う博物館では、大規模自然史展示や実験ショーなどの取り組みを行い、単純な展示形態とは違うインパクトのあるイベントや展示を導入している[3][4]。しかしそういった展示形態への取り組みがなされたにも関わらず、入館者数が横ばい傾向にある[5]。このことは、インパクトあるイベントや展示導入だけでは入館者の増加が見込めないことを意味している。そこで、本稿では、鑑賞行動サービス改善に対するアプローチとして、入館者の視行動といった鑑賞行動そのものに着目し、入館者の満足感を向上させるための映像展示に着目する。

鑑賞行動を伴うサービスを評価する上で、満足感には個人の好みや感情を主観的に評価する「体感的満足感」と、具体的に判断が可能な項目を客観的に評価する「意識的満足感」がある。また、どのような時に幸福感が抱かれるかが豊田・北島によって「幸福のマトリクス」として整理されている[6]。これを満足度最大化機構と照らし合わせることで、満足感を抱く要因が16項目に整理される。本稿では、これら16要因のうち、個人の鑑賞行動に関係すると考えられる項目として、「知的創造」に着目した。これは何を記憶したかを意味し、鑑賞後に言葉にして具体的に判断が可能な意識的満足感に分類される。このことを踏まえ、本研究では鑑賞行動の意識的満足感の向上のために、知的創造、つまり鑑賞対象に関する記憶の向上を目指した。

鑑賞時の記憶は、情報の取得、自身の知識との照合による意味づけ、貯蔵というプロセスによって短期記憶が形成される[7] (図1)。鑑賞後の記憶の向上を目指す上では、複数の感覚を用いるマルチモーダルを利用することで情報取得が強化され、記憶が向上すると考えた。

1.2 先行研究と本研究の位置づけ

マルチモーダルを利用した先行研究[8]として、江川らは美術館来館回数が年3回未満の美術館初心者に対して、絵画の説明をする聴覚情報を聞きながら鑑賞してもらうことで満足感が向上したことを述べている。また、その際の視行動を計測し、視行動と満足感を比較することで、鑑賞時間が長いほど満足の評価が高くなること、視行動の特徴と満足感の間に相関があることも述べられている。

また、北島ら[10]は、全方位の環境を再現するプラネタリウムを用いて、聴覚情報を与えるタイミングを鑑賞前・



図1 記憶形成プロセス

鑑賞中、聴覚情報を与えない3パターンにわけ、全方位映像を鑑賞した際の視行動を計測し、鑑賞によって残った記憶を評価している。鑑賞中に聴覚情報を与えるモードでは聴覚情報での解説対象に視線が集中しており、鑑賞中に聴覚情報を与えると、より記憶の具体性が高かったことが述べられている。また、視行動で捉えていた対象の中に記憶に残っているものがあつたことも述べられている。ただ、聴覚情報の時間の長さによる違いは述べられているものの、その内容や記憶の定量的な評価はされておらず、それらと視行動との関係を調べることにより、視行動と記憶との関係性が明らかになると考えられる。

上述の先行研究から得られた知見から、鑑賞行動の満足感の向上のために、本研究では鑑賞中の聴覚情報により、満足感が向上する際の視行動の特徴の把握を目指す。

1.3 研究目的

鑑賞行動中の満足感の向上を目指し、視行動—聴覚情報間相互作用の特性を、相互作用の結果形成される記憶から導くことを研究目的とした。

2. 視行動—聴覚情報間相互作用特性と満足感

2.1 視行動特性指標

視行動をなす眼球運動にはパスイート、サッカード、固視微動、代償性運動、輻輳開散運動の5つ[9]がある。以下にそれぞれの眼球運動の特徴を示す。

- ・サッカードは注視点をかえる時に発生する、短時間に起きる眼球運動で、人が視覚で得る情報のほとんどは、周辺視の中から見るものを探すサッカードとサッカードの間に中心視で捉えることで得られる。
- ・パスイートはゆっくりと移動する動体を追尾する際の追従運動であり、追従対象の動体がない場合、意識的に行うことが出来ない。
- ・固視微動は一点を注視中に発生するごく小さな眼球運動である。
- ・代償性運動は頭部が回転した際、対象に対し眼球方向を安定に保つために逆方向に発生する眼球運動である。
- ・輻輳開散運動は注視している物体が前後に動いた場合に発生する眼球運動である。

また、外界の視覚情報によっておきる反応も存在する。代表的なものとしては、外界の流れ(オプティカルフロー)によって生じる視運動性反応がある。これは、外界が流れ

ている時、流れを追うように視線も同じ方向に流れるという行動である。

本研究では、5 つの眼球運動の内、不随意に起きるものでない眼球運動が鑑賞対象を記憶に残すと考え、パスイートおよびサッカー後の注視に着目することとした。

2.2 聴覚情報特性指標

先行研究[10]の被験者の記憶アンケート結果と聴覚情報の内容を比較し、共通する要素を抽出したところ、以下の属性を持つ聴覚情報の要素が記憶に残っていた。

- ・聴覚情報の中で繰り返される要素
- ・意外性のある要素。

抽出した要素の例を図 2 に示す。赤丸で囲った要素が意外性のある要素、緑丸が繰り返される要素である。

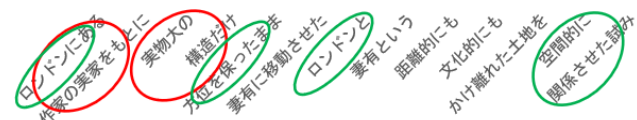


図 2 記憶に残る聴覚情報の要素

2.3 満足感・記憶の指標

本研究では鑑賞行動の満足感の向上を目指し、鑑賞内容に関する記憶を評価する。満足感を主観的な意味から評価し、記憶を鑑賞者の回答方法に依らず定量評価するため、以下に示す満足感の評価項目と記憶の定量評価方法の選定を行った。

- ・個々人の感性で得る満足感は、7 段階の SD 法により主観評価することとした。
- ・記憶は鑑賞後のアンケートによって単語形式で回答を得、形態素解析的に自立語を 1 点と定量評価した。また、固有名詞での回答は具体であり、記憶の質に差が生じていると考え、2 点と評価した。評価例を表 1 に示す。

表 1 記憶定量評価例

記憶内容	点数
橋	1 点
勝鬨橋	2 点
橋 八の字	2 点
勝鬨橋 八の字に開く	4 点

2.4 仮説

選定した眼球運動と記憶の関係性の仮説を構築するため、先行研究[10]のデータ分析を行った。先行研究の被験者は 12 名で、それぞれ聴覚情報の条件が「鑑賞中に与えられる」、「鑑賞前に与えられる」、「聴覚情報なし」のいずれかである。実験では鑑賞中の視行動をアイトラッカーで計測し、鑑賞後に映像の記憶に関するアンケートを実施した。

先行研究に用いられた映像は、大きな鳥居の有る道路をゆっくりと鑑賞者が進んでいくものであった。対向車線を時折車が行き来し、また右手には大きなアートワークが展示されていた。そこで、記憶を評価する対象として「鳥居」「アートワーク」「車」の 3 つを選定し分析した。

アンケートにより得られた鑑賞者の記憶では、鳥居のみ全員の記憶に残っていたため、分析ではアートワークおよび車を見る視行動の特徴を比較した。アートワークを見る際、進行方向から見て左側に位置するため、進んでいる最

中であればパスイート、停止中の時に見ていればサッカー後の注視で捉えることとなるが、被験者 12 名中 2 名しかパスイートが現れておらず、本対象に対する視行動として、サッカー道を主に比較した。4 台の行き来する車は、常に動く動体の対象であるため、常にパスイートの視行動として捉えられていた。

車、及びアートワークの対象に対し、サッカー後の注視・パスイートで捉えていた時間を計測したところ、以下のような結果となった。

各対象が記憶に残っていた被験者内では、車をパスイートで見ていた時間の平均は 4.5 秒、アートワークをサッカー後の注視で見ていた時間の平均は 12.5 秒であり、約 2.7 倍の差があった。パスイートは長くとも 7.1 秒で記憶に残っていたことから、視行動の各種類の傾向として、パスイートはサッカー後の注視よりも短い時間で記憶に残る傾向であることがわかった。

得られた結果を記憶の要素と特徴から考察する。記憶の要素はネットワークのようにそれぞれ 1 つ 1 つが繋がりが、種類が近い要素が繋がって保持されていると考えられている。情報を取得した際対象となる情報のネットワーク要素とつながりを持つリンク間の記憶が強化されるが、さまざまな対象の情報を取って回るサッカーよりも、同じ対象の情報を取り続けるパスイートがより近い情報を取得した結果、リンク間の記憶が強化されたのではないかと考えた。

以上の結果を踏まえ、視行動・聴覚情報および個人の知識と記憶に関する以下の 2 つの仮説をたてた。

- 仮説 1. パスイートで見ていた対象はサッカー後の注視で見ていた対象よりも短い鑑賞時間で記憶に残る。
- 仮説 2. 聴覚情報の中で繰り返される要素、意外性のある要素は記憶に残りやすい。

3. 構築した仮説の検証実験概要

3.1 実験環境

構築した仮説の検証実験を、現実と同様の全方位環境を再現するため、和歌山大学観光学部が所有する、直径 5m のプラネタリウムにて行った。被験者は 21 名（平均年齢 21.2 歳、標準偏差 SD=4.3）であり、3 種類の映像を作成しランダムな順番で鑑賞してもらった。鑑賞中の視行動をアイトラッカーで計測し、また、鑑賞後に映像に関して覚えているものを単語で書き出してもらい、記憶に関するアンケートを実施し、記憶点数を評価した。実験は被験者に事前に実験内容を説明し、同意を得て実施した。本実験は東京大学倫理審査専門委員会の承認のもと行った。

3.2 呈示刺激の作成

サッカー、パスイートは鑑賞対象の動きの有無という条件によって生じるため、2 種類の視行動の結果を計測するため、鑑賞映像は鑑賞者の動きの有無、鑑賞対象の動きの有無の条件によって以下の 3 種類の映像を作成した。

- ・水族館
鑑賞者自身の目の前および頭上に渡ってペンギンが泳ぐ水槽を撮影した映像。水槽の奥には外の風景としてビル群が立ち並び、頭上には晴天を背景に時折ペンギンが泳ぎ過ぎていく。周囲には他の観客も存在する。
- ・隅田川クルーズ

佃島を左に望みながら隅田川を下り、佃大橋をくぐって遠くに勝鬨橋を目に収めながら左に旋回し隅田川をまた上ろうとする映像。

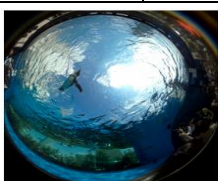
・リバーズ・シティ (大地の芸術祭)

新潟県越後妻有で様々なアートが展覧される大地の芸術祭の作品の一つ、巨大な色とりどりの鉛筆が逆さに吊るされている作品を下から見上げる映像。隣のトンボを模した赤い柱の作品も目に入る。

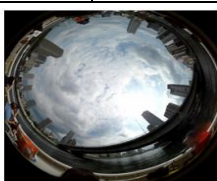
各映像の属性を表 2 に、シーンの例を図 3 に示す。

表 2 映像の属性

	水族館	隅田川クルーズ	リバーズ・シティ
鑑賞者の動き	無	有	無
鑑賞対象の動き	有	無	無
鑑賞対象特性	自然生物 (ペンギン)	自然風景・ 人工建造物 (川, 川岸, 橋)	アート作品



水族館



隅田川クルーズ



大地の芸術祭

図 3 映像シーン例

4. 実験結果

4.1 視行動と記憶

仮説 1 に対する結果は、サッカー後の注視の鑑賞対象である「リバーズ・シティ」映像内の特定の鉛筆が平均 2.2 秒で記憶に残っていたのに対し、パスイートの鑑賞対象である「隅田川クルーズ」映像内の勝鬨橋は平均 0.6 秒とサッカー後の注視より短い時間で記憶に残ったと示された。視行動ごとの鑑賞時間を表 3 に示す。

表 3 視行動ごとの鑑賞時間

視行動	パスイート	サッカー後の注視
鑑賞時間[s]	0.62	2.36
	0.22	2.54
	1.14	2.86
	0.5	1.8

また、パスイートで対象を追う時に、周囲の映像の動きによって記憶への残りやすさが異なると考えた。2.1 節で説明したオプティカルフローによる視運動性反応は受動的な人体の反応機構であるが、これに逆らってオプティカルフローと逆向きに視線を動かし鑑賞対象を探しパスイートで見ている人は能動的に情報を取得していると考えた。そこで、隅田川クルーズの実験結果を用いて解析を行った。映像の後半では、船は左に旋回しながら右手前方に見える勝鬨橋の解説の聴覚情報が流れる。この状況では、右向きに流れていくオプティカルフローが発生している。そこで、

勝鬨橋を見ていた鑑賞者の内、勝鬨橋をオプティカルフローに沿うパスイートで追っていたかをどうか分類し、鑑賞時間を計測した。

結果、サッカー後にパスイートで見えていた鑑賞者は勝鬨橋が良く記憶に残っており、逆にオプティカルフローに沿うパスイートのみで見えていた人は記憶に残っていなかった。鑑賞時間の観点でも前者は平均 0.57 秒、後者は 0.28 秒と約 2 倍の差が生じていた。勝鬨橋が記憶に残っていた被験者の各パスイートの鑑賞時間を表 4 に示した。

表 4 パスイートの鑑賞時間

パスイート	フローに沿う	フローに沿わない
鑑賞時間[s]	0.62	0.1
	1.14	0.24
	0.5	0.5
	0.36	0.12

4.2 聴覚情報と記憶

聴覚情報の中で繰り返される要素、意外性のある要素は記憶に残りやすいという仮説 2 は、それらの要素を含む聴覚情報を付与した鑑賞者の記憶点数が平均 10.6 点であるのに対し、上記の要素を含まない聴覚情報を付与した鑑賞者の記憶点数の平均は 8.0 点であり、仮説 2 通りの結果が示された。(図 4)

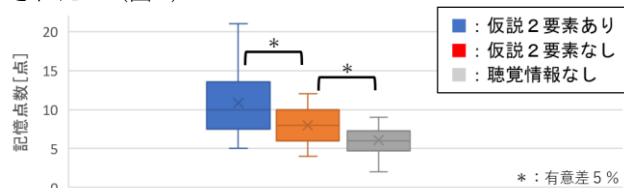


図 4 聴覚情報ごとの記憶点数

また、視行動との相互作用について分析したところ、鑑賞対象を探し始め約 1.5 秒で見つけていた鑑賞者は良く記憶に残る傾向であった。この時間は MHP モデル[1]、情報を知覚し認知、行動までのプロセスと同じ意味であり、その時間を算出した結果 1.79 秒であり、近い値となった。

そこで、以下の仮説 3 をたてた。

仮説 3、対象の出現の 1.5 秒前に解説の聴覚情報を入れることで、対象を早く見つけ鑑賞時間が伸び、聴覚情報と照らし合わせながら対象を見ることで対象の記憶が向上する。

隅田川の映像を使用し、聴覚情報のタイミング特性による記憶の向上効果の検証実験を行った。映像は実験環境の制約から 2D ディスプレイを用い、平均的な視野の範囲でトリミングして使用した。被験者は 10 名 (22.7 歳, SD=0.78) で行い、記憶に関するアンケートを実施した。

聴覚情報の入力条件として、対象出現の 1.5 秒前の入力による記憶の向上が見込めることから、「対象の出現の 1.5 秒前に入力」、「同時に入力」とした。鑑賞対象には、船がゆっくり左旋回することで視野から徐々に出ていき、聴覚情報の入力の必要性が高い「勝鬨橋」を設定した。

結果を図 5 に示す。円の大きさは記憶点数を表す。「同時に入力」の鑑賞者の平均記憶点数が 1 点であるのに対し、「1.5 秒前に入力」の鑑賞者の平均記憶点数が 2.8 点となり、仮説 3 の内、記憶を向上できる可能性を示した。

「1.5 秒前に入力」の鑑賞者は、「同時に入力」の鑑賞者よりグラフ上で左上に偏っており、対象の出現から見つ

けるまでの時間が短く、鑑賞時間が長い傾向にあった。これは仮説 3 の内、対象を早く見つけ鑑賞時間が長くなる傾向を示した。

また、映像の属性が異なる鑑賞行動での聴覚情報の検討のために、水族館の映像を用いて、上述の実験と同様の条件にて記憶の向上効果の検証実験を行った。被験者は 10 名 (平均年齢 21.9 歳, SD=1.09) で行った。

鑑賞対象には、鑑賞者が普段目を向けがたく聴覚情報による情報の必要性が高い、「鑑賞者の頭上を泳ぐペンギン」を設定した。

結果、「同時に入力」の鑑賞者の平均記憶点数が 3.1 点であるのに対し「1.5 秒前に入力」の鑑賞者の平均記憶点数が 4.6 点となり(図 6)、仮説 3 の内、記憶の向上を示した。

対象の出現から見つけるまでの時間、鑑賞時間については前述の実験と同様の傾向であったが、記憶点数の差が隅田川の映像実験と比較して小さく、1.5 秒前の聴覚情報付与による記憶向上効果が低い傾向が見られた。これはオプティカルフローのある映像では早い聴覚情報の入力によって、視運動正反応が起きる前に誘導されるからだと考えた。

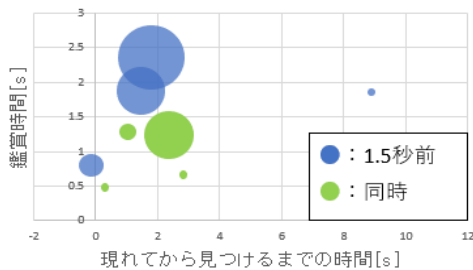


図 5 聴覚情報ごとの記憶点数 隅田川

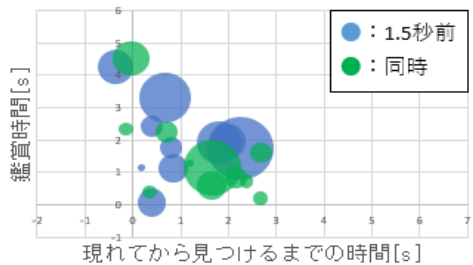


図 6 聴覚情報ごとの記憶点数 水族館

5. 考察：視行動—聴覚情報相互作用特性

5.1 視行動

パスポートで見ていた対象はサッカード後の注視で見ていた対象よりも短い鑑賞時間で記憶に残ることが得られたが、これは対象の情報である意味づけが良く行われた結果だと考えられる。記憶ネットワーク上で関係の近いリンクをより強化すると同時に、関係の近い情報と照らし合わせることで意味づけが行われたと考えられる。

パスポートについて、サッカード後のオプティカルフローに沿わないパスポートの鑑賞時間が長いのは対象に興味をひかれたためだと考えられた。サッカードで見る対象を探し、その後オプティカルフローに沿わず対象を捉えているため、興味を持って能動的に情報を取得していると考えられる。興味を持つことで鑑賞時間も長く、意味づけ・貯蔵が良く行われ、記憶点数も高かったため、オプティカルフローに沿わないパスポートの視行動は能動的に情報を取

得し、対象の記憶が残りやすい視行動の特性であることがわかった。

5.2 記憶向上を目指した聴覚情報

聴覚情報の中で繰り返される要素、意外性のある要素は記憶に残りやすいことを記憶プロセスにあてはめて考える。意外性のある要素を情報として捉えることで興味を惹く対象を捉え、そのまま聞くことで意味づけがなされる。残った短期記憶は、繰り返される要素により再固定化され、より記憶に残ることになると考えた。

5.3 視行動—聴覚情報相互作用の特性と満足感

意外性のある要素を含む聴覚情報により興味を惹かれ、対象を目で捉え情報を取得し、そのまま聴覚情報と照らし合わせながら見続けることでより意味づけが強化され、記憶に残ることとなり、満足感が向上することになる。

鑑賞対象が現れる 1.5 秒前に聴覚情報を付与することで対象を素早く捉え、聴覚情報による意味づけを強化することができる傾向が示された。

6. まとめ

鑑賞行動中の満足感の向上を目指して、視行動および聴覚情報と記憶の関係性を把握した。把握した関係性を用いた聴覚情報による鑑賞実験を行い、オプティカルフローに沿わないパスポートで追う対象の聴覚情報を、対象が出現する 1.5 秒前に付与することで記憶が向上することを確認した。

本研究では対象の出現 1.5 秒前に聴覚情報を付与することが有効である可能性を示したが、有意な差は見られなかった。そのため、今後プラネタリウム実験にてさらに細かい時間区分での聴覚情報タイミングの検討を行う実験を予定している。

謝辞

実験に際し、プラネタリウム機材を使用させて頂き、和歌山大学尾久土先生およびスタッフの方々には感謝します。

参考文献

- [1] 相模原市立博物館.相模原市立博物館アンケート結果. 2013.
- [2] 第一生命.美術館・博物館の利用に関するアンケート調査 第一生命. 2005.
- [3] 中山豊.利用者の満足度よりみた科学博物館の建築・展示計画に関する研究.日本建築学会計画系論文.1999, No.516, p123-128.
- [4] 宇仁 義和,自然史博物館の展示類型と 21 世紀型の展示.博物館学雑誌. 2013, Vol.38, No.2, p75-90.
- [5] 文部科学省.平成 27 年度社会教育調査.生涯学習政策局社会教育課. 2015.
- [6] 豊田誠・北島宗雄,生命体自立活動協調場理論：幸福感に満ちた社会であるために 自立システム間の相互コミュニケーション.オンブック,2009.
- [7] S.K. Card. The Model Human Processor : An Engineering Model of Human Performance. Handbook of perception and human performance.1986,Vol.2,No.45.
- [8] K.Egawa, Utilization of audio guide for enhancing museum experience relationships between visitors 'eye movements, audio guide contents, and the levels of contentment, VISIGRAPP. 2017. vol. 2, p17-26.
- [9] 鶴飼一彦.眼球運動の種類とその測定.光学.1994,Vol.23,No.1,p2-8
- [10] Kitajima, M, Shimizu, S, & Nakahira, K.T. (2017).Creating Memorable Experiences in Virtual Reality:Theory of Its Processes and Preliminary Eye-Tracking Study using Omnidirectional Movies with Audio-Guide..Proceedings of the 2017 3rd IEEE International Conference on Cybernetics (CYBCONF), 373-380.