

# ハイブリッド水族館における来訪者の行動分析 に関する研究

## —集客施設内の携帯端末活用による行動解析—

川口 和英・木村 洋平<sup>\*1</sup>・田口 想<sup>\*2</sup>

## RESEARCH ON VISITOR BEHAVIOR ANALYSIS IN A HYBRID AQUARIUM

Human behavior analysis using the mobile information devices

KAWAGUCHI Kazuhide, KIMURA Youhei, TAGUCHI Sou

Owing to the progress of information technology, educational and entertainment programs in amusement facilities are changing. In aquariums using a digital device and network technology, it is possible to get some educational information interactively while watching the fish. Using the experimental data, we analyzed the visitor behavior, by the Markov model to see the function of amusement facilities. We also did a simulation to consider how to apply the findings to actual planning.

keywords: aquarium, human behavior, simulation, mobile computer, Markov chain

水族館, 人間行動, シミュレーション, 携帯端末, マルコフ連鎖

### 1. はじめに

今日、情報化社会の進展にともないインターネットや情報機器による情報提供機能を活用したアミューズメント施設が登場してきている。実際に集客施設と情報端末を組み合わせることによって、施設の教育効果を高めたり、よりインタラクティブに施設内の利用と情報を連携させてゆくことが可能となってきた。また利用者の行動特性を収集し、施設配置等の関連性を分析することは、大型の集客施設計画を検討する上で重要な検討項目である。

こうした集客型施設の来訪者への特性を解析した調査研究として、横浜市経済局・野村総合研究所(1994)による「国際会議の効果に関する実態調査報告書」<sup>1)</sup>などがある。また集客施設の整備による都市への波及効果を調査研究したものに川口(三菱総合研究所)・横浜市企画推進局(1995・1996)による「大規模集客施設基本構想検討調査(I)(II)」<sup>2)</sup>、集客型施設と入場者の行動および定量的な関係をシミュレーションにより予測し分析したものに、川口(2000)による「需給モデルからみた大規模球場型集客施設の魅力係数に関す

\*1 早稲田大学大学院理工学研究科大学院生

\*2 早稲田大学大学院理工学研究科大学院生

る研究<sup>4)</sup>等がある。また、林田・山口・渡辺ら(1997)による集客施設内での歩行経路について分析を行った「回遊空間における最短経路歩行についての研究<sup>5)</sup>」等がある。

実際に葛西臨海水族園の中でインタラクティブな実験を行いデータを収集した調査研究として、森田(三菱総合研究所)による「インターネットと携帯端末を連携させた総合的な学習のための実験プロジェクト—ハイブリッド水族館の構築—<sup>6)</sup>」がある。また数学的確率モデルから、施設配置について解析したものとして大崎(1998)による「マルコフ連鎖モデルと遺伝的アルゴリズムによる施設配置最適化に関する研究<sup>7)</sup>」等がある。

その一方、ネットワーク型の情報提供と集客施設を組み合わせた情報化対応型の施設展開の試みははじまっているが、その利用者の行動と情報のリンクを分析した研究事例は現在のところ少ない。こうしたなか情報処理振興事業協会と株式会社三菱総合研究所および共同事業として実施された葛西臨海水族園において行われたハイブリッド水族館の実験は、新しい教育施設のあり方として、情報ネットワークと建築物の中での行動をリンクさせた新しい試みでもある。(以下このような水族館の機能についてハイブリッド水族館システム<sup>1)</sup>とよぶ。)この実験の中では、情報端末機器の入力からのデータ入力により、被験者の見た水槽位置、時刻、参照した情報等をとることができる。

本研究は、情報処理振興事業協会と株式会社三菱総合研究所の協力を得て、実験の際の行動データを早稲田大学大学院理工学研究科と共同で分析したものである。ここでは行動データをもとに、水族館内における移動データとシミュレーションデータの比較分析を試み、その現実への適応性を分析する。研究においては水族館を例として集客型施設における特に人間行動の解析を目的とした。マルコフ連鎖<sup>2)</sup>との関連性をみながらシミュレーションによる行動把握の可能性についてもあわせて検討を試みるものとする。また、この中でマルコフ連鎖を考える上での推移行列を各行動パターンごとに抽出することを行った。

## 2. 調査方法

調査を進めるにあたって以下のような手順により分析を実施した。

- ①葛西臨海水族園における行動実験データをもとに情報の取得にともなう人間の行動解析を行う。
- ②調査分析結果をもとにマルコフ連鎖との関連性を分析し、推移行列を算出する。
- ③今後の行動解析の方策について検討を行う。

## 3. ハイブリッド水族館における人間の行動

### 3.1 追跡データからの解析

#### (1) 利用者の行動の概要

データの収集に先立って、葛西臨海水族園に関するホームページが設置され、被験者はホームページから事前学習を行っている。対象とされたのは小学校および中学校であり、1999年11月～2000年2月にかけて実験が実施された。この結果、データとして228にのぼる行動データを収集している。

実験参加校はインターネット接続環境が整備されている小学校5年生から高校3年生までの児童・生徒178名であり、以下のとおりである。

①東京都立明正高等学校(総合科学部)	1～2 学年	4 名
②東京都江東区立南砂東小学校	5 年	28 名
③神奈川県立三浦市立三崎中学校	1～3 名	45 名
④東京都立江東区南砂東小学校	6 年	27 名
⑤東京都立明正高等学校(物理選択履修者)	3 年	24 名
⑥横浜中学校	1～3 年	24 名
⑦横浜国立大学教育人間科学部附属鎌倉中学校	1～2 年	22 名
⑧慶應義塾幼稚舎	5～6 年	21 名
	合計	178 名

まず来園前に観察のポイントを示したホームページを児童・生徒に見てもらい、魚・水生物に対する学習意欲や疑問を持たせる。来園時は、携帯端末を通して観察するポイントやその生物の生態などの解説を、音声と画像で補足的に提供することによって、被験者の観察・知識の深まりやより深い学習を促進することを目的としている。来園後

は一人一人の巡回記録から個別に情報を解析し、理解できるようにする。

被験者はあらかじめ、「泳ぐコース」、「食べるコース」、「身を守るコース」、「子孫を残すコース」の中から、興味のあるテーマを選択することで、より自分の興味に近い情報を携帯端末から引き出すことができ、各利用者は以下のような分類からあらかじめコース選択を行い、インターネットを活用して事前学習を行うことができる。

①S（泳ぐコース）では水中を泳ぐ機能、②N（食べるコース）は餌などを摂る機能、③D（身を守るコース）では魚・水生物が天敵などから身を防御し個体を守る機能、④B（子孫を残すコース）は子孫を増やし繁殖していくための機能をそれぞれテーマに設定して、来訪者が携帯端末上でスタート時に選択する。選んだコースをベースにして、実際に臨海水族園内において被験者が携帯端末を手に見学を行えるようにしてある。表1に示されるように、泳ぐコースはS、食べるコースにはN、身を守るコースはD、子孫を残すコースはBの記号がHTMLの名前の中に記述してある。

このシステムにおいては水族館内におけるどの位置（水槽位置）にいるかを検出できるようにしてあり、魚・水生物に関する様々な情報を音声と映像により携帯端末から得ることができる。また事後に水族館内の巡回記録を利用者個別のホームページにより見ることができ、来訪時の個人の順路や観察の様子を復習することができるように開発されている。

携帯端末は1人1台（参加者の多い学校においては2～3人に1台）で貸与され、来園時の水族館内の観察時間はそれぞれ1時間30分程度の観察であった。個別の携帯利用者の参照コンテンツ内容や分量については個人差があるものの、全般的に児童・生徒の集中度、関心度は高いものであった。

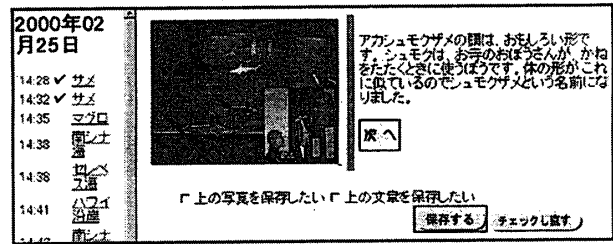


図1 携帯端末の画面の様子

## (2) 被験者の行動解析方法

水族館の利用者の行動にともなう水族館および参照した画像データファイルの変遷は、以下の表1に示めされるものとなっている。泳ぐコースにおける観察者の履歴をみるとほとんどの被験者が120分にわたる観察の間に順路通りの行動履歴をとっているのに対して、一部の利用者が順序どおりではなく、途中から逆行したり、異なる順序で見学を行っているケースもみられる。

実験の際には参照水槽ごとに、座標データをとることができるので各参照時刻と移動距離から被験者の速度を計算することが可能となる。また時間により微分計算を行うことで、さらに加速度も計算することが可能である。ちなみに被験者の01C17は端末番号PC05のものをを用い、14:23:48秒から15:56:28秒までの約1時間40分にわたって、表2に示される経路で移動を行ったことがわかる。この移動速度が落ちている間は頻繁に情報端末を参照し、次に移動する水槽が決定すると移動速度が増すといった特徴もあらわれている。

携帯端末で提供される情報は各水槽内にいる魚類の画像、紹介情報、音声による解説などである。これらの情報をもとに被験者は学習を深めたり、必要情報をインプットしながら経路を変化させていると考えられる。携帯端末から、被験者がHTMLを参照した時点で、その時刻およびXY平面で表した座標がプロットされる。ここでデータを活用すると、利用者の時間経過に従う情報の認識、行動のデータを追跡することができる。この場合に被験者の行動パターンとして、順路を基本に水槽をめぐる確率が最も高くなると予想されるが、途中で参照する情報によって行動の経路等に変化が現れる。ここでは、行動のパターンとしていくつかのタイプに分類しながら解析を行う。

表1 各水槽の位置と参照HTML

ST.No	エリア名	場所名称	水槽番号	地図座標	エリアID	DTMP	コース上 HTMLファイル	コース外 HTMLファイル	コース上 HTMLファイル	コース外 HTMLファイル	7.5m水槽 HTMLファイル	トランスミッター SONY	カメラ VTRACH	数値	
00		レクチャールーム/会議室	-	-	-	-	00-S-1.html	00-N-1.html	00-D-1.html	00-B-1.html	-	0	0	0	
01		サメ	A01	75.65	A	501	01-S-1.html	01-N-1.html	01-D-1.html	01-B-1.html	-	1	0	0	
02		資料室	A51	-	B	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
03		マダロ	A02	427.259	C	502	03-S-1.html	03-N-1.html	03-D-1.html	03-B-1.html	-	2	0	0	
04	太平洋Ⅰ	カナダ	A03	351.305	D	123	04-S-1.html	04-N-1.html	04-D-1.html	04-B-1.html	-	0	1	0	
05		フリピン予定	A04	343.294	D	456	05-S-1.html	05-N-1.html	05-D-1.html	05-B-1.html	-	0	1	0	
06		南シナ	A05	341.282	D	328	06-S-1.html	06-N-1.html	06-D-1.html	06-B-1.html	-	0	1	0	
07		ハワイ	A06	345.269	D	617	07-S-1.html	07-N-1.html	07-D-1.html	07-B-1.html	-	0	1	0	
08	太平洋Ⅱ	チリ	A07	342.231	E	134	08-S-1.html	08-N-1.html	08-D-1.html	08-B-1.html	-	0	1	0	
09		オーストラリア北部	A08	331.228	E	256	09-S-1.html	09-N-1.html	09-D-1.html	09-B-1.html	-	0	1	0	
10		グレートバリアリーフ	A09	326.218	E	347	10-S-1.html	10-N-1.html	10-D-1.html	10-B-1.html	-	0	1	0	
11		オーストラリア南部	A10	330.207	E	658	11-S-1.html	11-N-1.html	11-D-1.html	11-B-1.html	-	0	1	0	
12		ハワイ・カリフォルニア	A11	342.203	E	429	12-S-1.html	12-N-1.html	12-D-1.html	12-B-1.html	-	0	1	0	
13	インド洋	インド洋	A12	324.168	F	145	13-S-1.html	13-N-1.html	13-D-1.html	13-B-1.html	-	0	1	0	
14		紅海	A12	329.155	F	145	13-S-1.html	13-N-1.html	13-D-1.html	13-B-1.html	-	0	0	0	
15		モリシャス	A14	341.144	F	487	15-S-1.html	15-N-1.html	15-D-1.html	15-B-1.html	-	0	1	0	
16		オーストラリア西岸	A15	352.138	F	632	16-S-1.html	16-N-1.html	16-D-1.html	16-B-1.html	-	0	1	0	
17	大西洋	北米東岸	A16	389.154	G	156	17-S-1.html	17-N-1.html	17-D-1.html	17-B-1.html	-	0	1	0	
18		地中海	A17	391.141	G	234	18-S-1.html	18-N-1.html	18-D-1.html	18-B-1.html	-	0	1	0	
19		北海	A18	402.137	G	681	19-S-1.html	19-N-1.html	19-D-1.html	19-B-1.html	-	0	1	0	
20		アルゼンチン	A19	413.142	G	349	20-S-1.html	20-N-1.html	20-D-1.html	20-B-1.html	-	0	1	0	
21		南アフリカ	A20	415.154	G	251	21-S-1.html	21-N-1.html	21-D-1.html	21-B-1.html	-	0	1	0	
22		カリブ海	A21	464.154	H	503	22-S-1.html	22-N-1.html	22-D-1.html	22-B-1.html	-	2	0	0	
23	深海の生物	深海1	A22	497.154	I	167	23-S-1.html	23-N-1.html	23-D-1.html	23-B-1.html	-	0	1	0	
24		深海2	A23	512.154	I	245	24-S-1.html	24-N-1.html	24-D-1.html	24-B-1.html	-	0	1	0	
25		深海3	A24	511.169	I	316	25-S-1.html	25-N-1.html	25-D-1.html	25-B-1.html	-	0	1	0	
26		深海4	A25	511.194	I	471	26-S-1.html	26-N-1.html	26-D-1.html	26-B-1.html	-	0	1	0	
27		深海5	A26	511.212	I	635	27-S-1.html	27-N-1.html	27-D-1.html	27-B-1.html	-	0	1	0	
28	北極・南極 の海	南極1	A27	500.221	J	178	28-S-1.html	28-N-1.html	28-D-1.html	28-B-1.html	-	0	1	0	
29		南極2	A28	500.239	J	261	29-S-1.html	29-N-1.html	29-D-1.html	29-B-1.html	-	0	1	0	
30		北極	A29	500.256	J	354	30-S-1.html	30-N-1.html	30-D-1.html	30-B-1.html	-	0	1	0	
31		アウシアター	A52	508.343	K	520	31-S-1.html	31-N-1.html	31-D-1.html	31-B-1.html	-	2	0	0	
32		写真展	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
33		渚	A30	262.333	L	504	33-S-1.html	33-N-1.html	33-D-1.html	33-B-1.html	-	0	1	0	
34		しおだまり	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
35		ペンギンの生態	A53	143.337	M	530	35-S-1.html	35-N-1.html	35-D-1.html	35-B-1.html	-	1	0	0	
36		海藻	A31	227.272	N	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
37		特設展示	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
38	小笠原	小笠原1	A32	223.232	O	701	38-S-1.html	38-N-1.html	38-D-1.html	38-B-1.html	-	0	0	1	
39		小笠原2	A33	223.215	O	723	39-S-1.html	39-N-1.html	39-D-1.html	39-B-1.html	-	0	0	1	
40		小笠原3	A34	226.197	O	745	40-S-1.html	40-N-1.html	40-D-1.html	40-B-1.html	-	0	0	1	
41	伊豆七島	伊豆1	A35	232.173	P	768	41-S-1.html	41-N-1.html	41-D-1.html	41-B-1.html	-	0	0	1	
42		伊豆2	A36	239.153	P	713	42-S-1.html	42-N-1.html	42-D-1.html	42-B-1.html	-	0	0	1	
43		伊豆3	A37	250.135	P	759	43-S-1.html	43-N-1.html	43-D-1.html	43-B-1.html	-	0	0	1	
44		伊豆4	A38	266.113	P	728	44-S-1.html	44-N-1.html	44-D-1.html	44-B-1.html	-	0	0	1	
45		実験展示	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
46		マイクロアクアリウム	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
47	東京湾	東京湾1	A39	300.82	Q	753	47-S-1.html	47-N-1.html	47-D-1.html	47-B-1.html	-	0	0	1	
48		東京湾2	A40	322.70	Q	791	48-S-1.html	48-N-1.html	48-D-1.html	48-B-1.html	-	0	0	1	
49		東京湾3	A41	344.60	Q	786	49-S-1.html	49-N-1.html	49-D-1.html	49-B-1.html	-	0	0	1	
50		東京湾4	A42	365.55	Q	762	50-S-1.html	50-N-1.html	50-D-1.html	50-B-1.html	-	0	0	1	
51		東京湾5	A42	386.53	Q	762	50-S-1.html	50-N-1.html	50-D-1.html	50-B-1.html	-	0	0	1	
52		海鳥の生態	A54	437.51	R	540	52-S-1.html	52-N-1.html	52-D-1.html	52-B-1.html	-	2	0	0	
												合計	10	26	12
												既存	-5	-5	-1
												予備	2	2	2
												購入台数	22	23	13

凡例:

コース上の水槽  
コース外的水槽

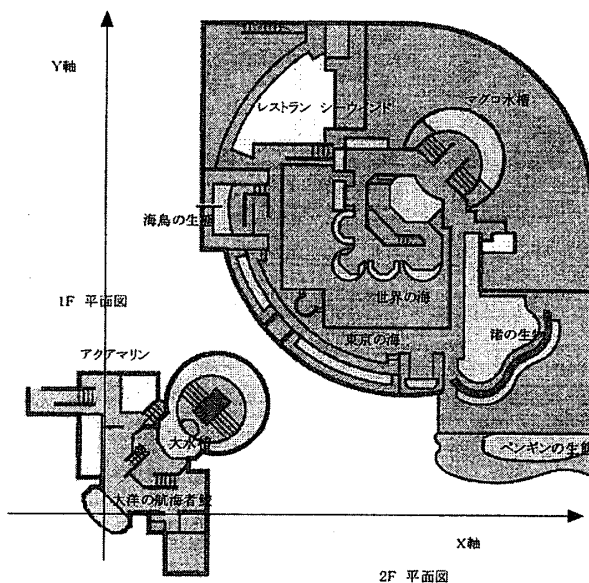


図2 水槽位置図

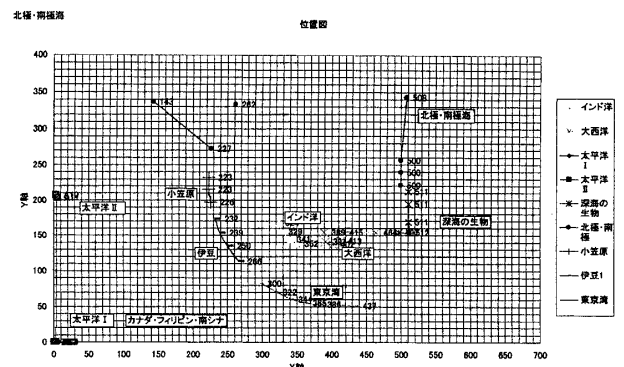


図3 座標上の水槽の位置関係

表2 ある被験者(01C17)の行動データ (一部抜粋)  
(身を守るコース)

実施日	水曜日(10/22)	水曜日(10/22)	ユーザID	1つ前の水槽 位置情報	現在の水槽 位置情報	1つ前の水槽 番号	現在の水槽 番号	移動方向(F: Forward, B: Backward, L: Left, R: Right)	その他(移動速度)
1999/10/22	14:23:46	005.priv.01C17	01C17	0	0	0	0	S	0
1999/10/22	14:24:07	005.priv.01C17	01C17	0	0	0	0	S	0
1999/10/22	14:24:43	005.priv.01C17	01C17	0	501	0	A01	F	01-D-0.1hV
1999/10/22	14:25:39	005.priv.01C17	01C17	501	502	A01	A02	F	03-D-0.1hV
1999/10/22	14:26:47	005.priv.01C17	01C17	502	123	A02	A03	F	04-D-0.1hV
1999/10/22	14:40:12	005.priv.01C17	01C17	123	456	A03	A04	F	05-D-0.1hV
1999/10/22	14:41:17	005.priv.01C17	01C17	456	328	A04	A05	F	06-D-0.1hV
1999/10/22	14:41:26	005.priv.01C17	01C17	328	456	A05	A04	B	05-D-0.1hV
1999/10/22	14:42:08	005.priv.01C17	01C17	456	328	A04	A05	F	06-D-0.1hV
1999/10/22	14:46:34	005.priv.01C17	01C17	328	617	A05	A06	F	07-D-0.1hV
1999/10/22	14:51:53	005.priv.01C17	01C17	617	429	A06	A11	R	12-D-0.1hV
1999/10/22	14:52:05	005.priv.01C17	01C17	429	658	A11	A10	B	11-D-0.1hV
1999/10/22	14:52:18	005.priv.01C17	01C17	658	429	A10	A11	F	12-D-0.1hV
1999/10/22	14:52:47	005.priv.01C17	01C17	429	658	A11	A10	B	11-D-0.1hV
1999/10/22	14:53:32	005.priv.01C17	01C17	658	429	A10	A11	F	12-D-0.1hV
1999/10/22	14:53:50	005.priv.01C17	01C17	429	658	A11	A10	B	11-D-0.1hV
1999/10/22	14:54:08	005.priv.01C17	01C17	658	429	A10	A11	F	12-D-0.1hV
1999/10/22	14:56:11	005.priv.01C17	01C17	429	145	A11	A12	F	13-D-0.1hV
1999/10/22	14:56:31	005.priv.01C17	01C17	145	256	A12	A08	R	09-D-0.1hV
1999/10/22	14:57:12	005.priv.01C17	01C17	256	134	A08	A07	B	08-D-0.1hV
1999/10/22	14:58:33	005.priv.01C17	01C17	134	256	A07	A08	F	09-D-0.1hV
1999/10/22	14:59:49	005.priv.01C17	01C17	256	134	A08	A07	B	08-D-0.1hV
1999/10/22	15:01:38	005.priv.01C17	01C17	134	256	A07	A08	F	09-D-0.1hV
1999/10/22	15:01:48	005.priv.01C17	01C17	256	429	A08	A11	R	12-D-0.1hV
1999/10/22	15:02:23	005.priv.01C17	01C17	429	256	A11	A08	B	09-D-0.1hV
1999/10/22	15:03:57	005.priv.01C17	01C17	256	134	A08	A07	B	08-D-0.1hV
1999/10/22	15:04:07	005.priv.01C17	01C17	134	256	A07	A08	F	09-D-0.1hV
1999/10/22	15:04:26	005.priv.01C17	01C17	256	134	A08	A07	B	08-D-0.1hV
1999/10/22	15:05:28	005.priv.01C17	01C17	134	256	A07	A08	F	09-D-0.1hV
1999/10/22	15:07:28	005.priv.01C17	01C17	256	134	A08	A07	B	08-D-0.1hV
1999/10/22	15:08:04	005.priv.01C17	01C17	134	256	A07	A08	F	09-D-0.1hV
1999/10/22	15:08:13	005.priv.01C17	01C17	256	256	A08	A08	F	09-D-0.1hM
1999/10/22	15:08:37	005.priv.01C17	01C17	256	134	A08	A07	B	08-D-0.1hV
1999/10/22	15:08:46	005.priv.01C17	01C17	134	256	A07	A08	F	09-D-0.1hV
1999/10/22	15:10:02	005.priv.01C17	01C17	256	429	A08	A11	R	12-D-0.1hV
1999/10/22	15:10:12	005.priv.01C17	01C17	429	145	A11	A12	F	13-D-0.1hV
1999/10/22	15:21:09	005.priv.01C17	01C17	145	145	A12	A12	F	14-B-7.hhM
1999/10/22	15:21:13	005.priv.01C17	01C17	145	145	A12	A12	F	14-B-7.hhM
1999/10/22	15:21:19	005.priv.01C17	01C17	145	145	A12	A12	F	14-B-7.hhM
1999/10/22	15:25:34	005.priv.01C17	01C17	145	487	A12	A14	F	15-D-0.1hV
1999/10/22	15:27:19	005.priv.01C17	01C17	487	145	A14	A12	B	13-D-0.1hV
1999/10/22	15:28:10	005.priv.01C17	01C17	145	487	A12	A14	F	15-D-0.1hV
1999/10/22	15:28:58	005.priv.01C17	01C17	487	632	A14	A15	F	16-D-0.1hV
1999/10/22	15:32:55	005.priv.01C17	01C17	632	471	A15	A25	R	26-D-0.1hV
1999/10/22	15:33:38	005.priv.01C17	01C17	471	318	A25	A24	B	25-D-0.1hV
1999/10/22	15:34:38	005.priv.01C17	01C17	318	520	A24	A52	R	31-D-0.1hV
1999/10/22	15:37:38	005.priv.01C17	01C17	520	604	A52	A30	F	33-D-0.1hV
1999/10/22	15:39:56	005.priv.01C17	01C17	604	530	A30	A53	F	35-D-0.1hV
1999/10/22	15:44:18	005.priv.01C17	01C17	530	745	A53	A34	R	40-D-0.1hV
1999/10/22	15:45:21	005.priv.01C17	01C17	745	788	A34	A35	F	41-D-0.1hV
1999/10/22	15:46:42	005.priv.01C17	01C17	788	713	A35	A36	F	42-D-0.1hV
1999/10/22	15:46:44	005.priv.01C17	01C17	713	788	A36	A37	F	43-D-0.1hV
1999/10/22	15:49:25	005.priv.01C17	01C17	788	728	A37	A38	F	44-D-0.1hV
1999/10/22	15:51:22	005.priv.01C17	01C17	728	753	A38	A39	F	47-D-0.1hV
1999/10/22	15:54:41	005.priv.01C17	01C17	753	781	A39	A40	F	48-D-0.1hV
1999/10/22	15:56:28	005.priv.01C17	01C17	781	788	A40	A41	F	48-D-0.1hV

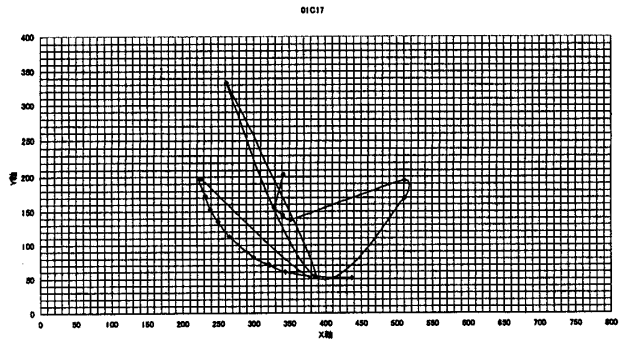


図5 被験者(01C17)の経路

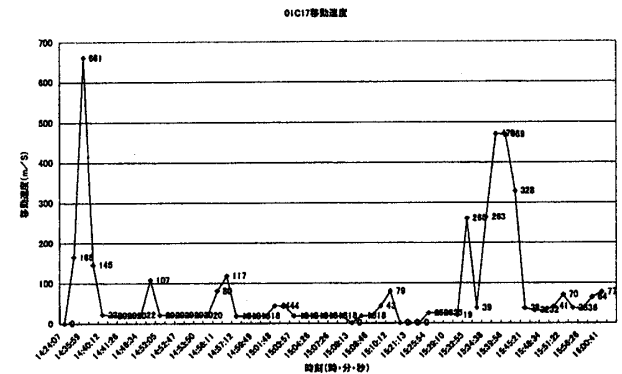


図6 被験者(01C17)の移動速度

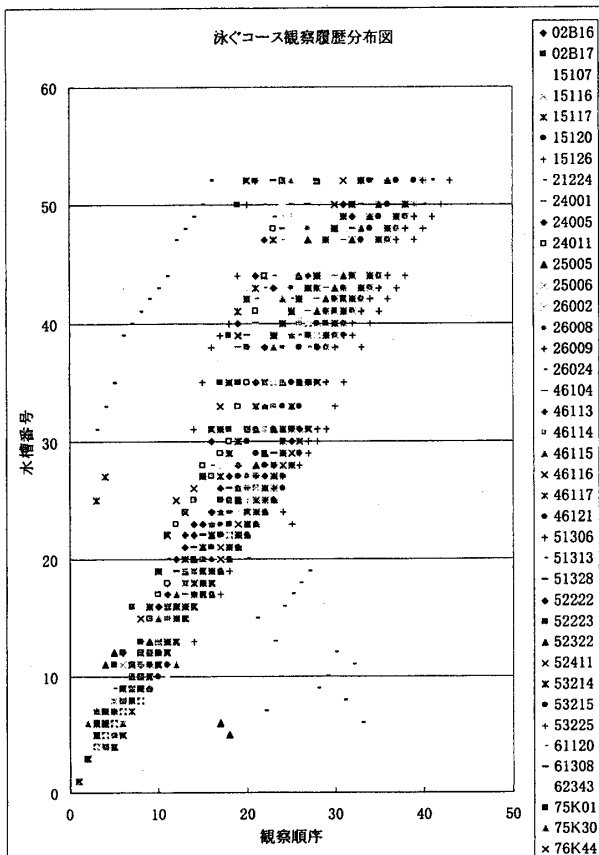


図4 S(泳ぐコース)の観察履歴  
(三菱総合研究所作成)

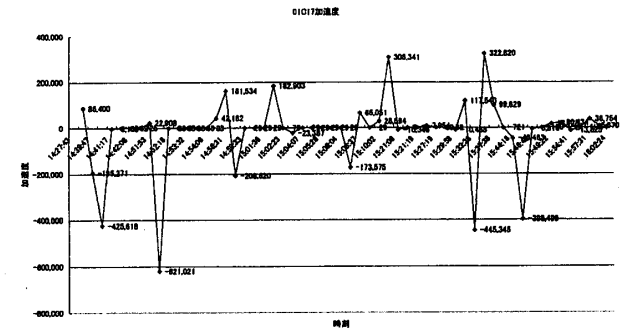


図7 被験者(01C17)の加速度

### 3.2 行動の経路からみたパターン

今回分析した行動者のデータは178件であり、それぞれの被験者の時刻ごとの訪れた水槽およびその位置データが残っている。そこでこれらのデータの中から代表的な行動パターンを抽出し、その特徴について整理してみる。

#### (1) 順路に近い経路で移動しているケース

多くの被験者はほぼ順路どおりの経路をとって施設を利用している。入口のアプローチ部分より、最初の世界の海のゾーンを観覧した後に、マグロの大水槽を見て後、東京湾、小笠原、伊豆七島の

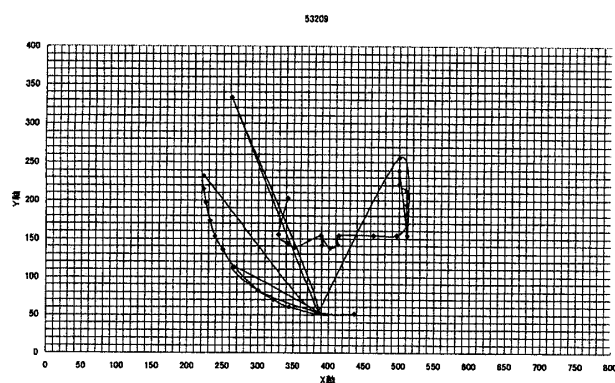


図8 被験者 (53209) の経路

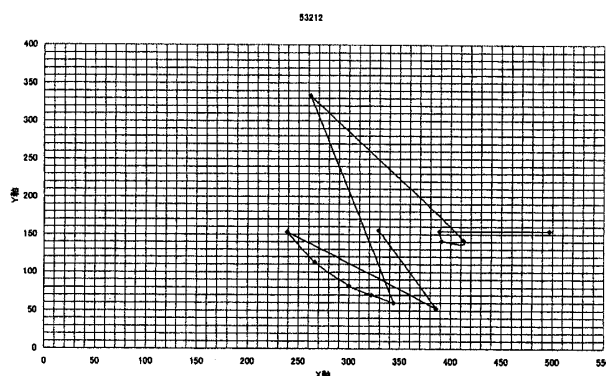


図10 被験者 (53212) の経路

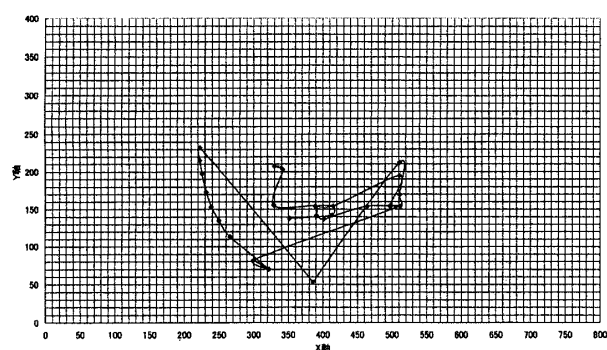


図9 被験者 (83005) の経路

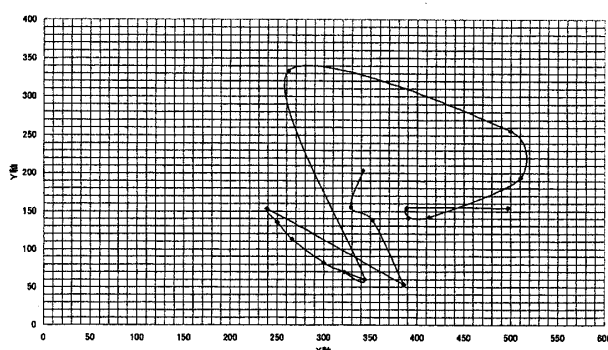


図11 被験者 (53216) の行動経路

水槽を見た後に出口よりでるという順路をベースにしたパターンである。図8および図9の被験者は立ち寄り箇所および滞在時間に差異はあるものの、プロットされた水槽位置が概ね順路に沿った移動となっている。

## (2) 必ずしも順路どおりではない移動経路を示しているケース

利用パターンがユニークな被験者群である。ところどころで逆行したり、独自の嗜好にあわせて興味ある水槽に移動している。順路どおりの観覧者より、むしろ個人の興味によって行動を定めていると考えられる。これは、途中で与えられた情報端末によって得た情報や、自分自身の判断で順路にとらわれない動きをしていると考えられる。こうした通常の経路とは異なる動きをとる観覧者が大量に発生した場合、滞留が発生したり、スムーズな移動を阻害する可能性もある。

水族館という施設の性格上、順路どおりに観覧する必然性はなく、こうしたユニークな利用者の動きも管理上、考慮する必要がある。

## (3) 通常より移動経路が短いケース

通常の観覧者と比較して、データが少なく移動距離が少ない被験者群である。滞在時間が短く、見ていない水槽が多い。こうした被験者については、水族館の展示内容のうち、興味のある水槽に偏向性がある、あるいは滞在時間が全体的に短いことから、時間をかけずに観覧したい、もしくは他に比べて全体的に展示内容に興味薄いといった理由が考えられる。

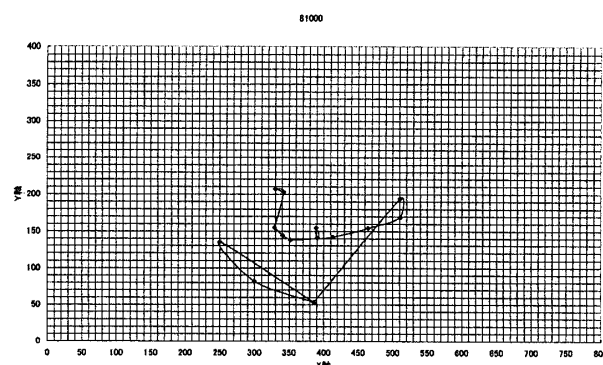


図12 被験者 (26013) の経路

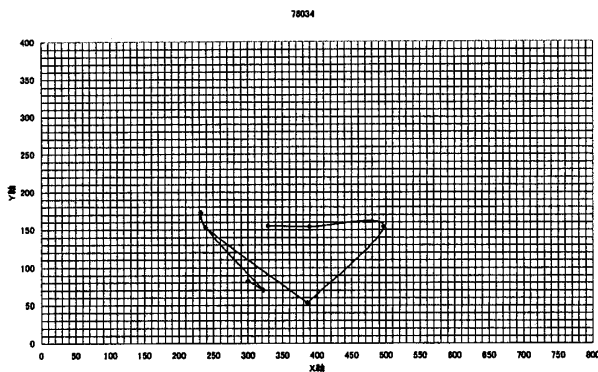


図13 被験者 (76043) の経路

移動時間が早いところは、水槽間の移動のスピードが早く、途中で展示物がない、もしくは興味を持たず、順路をとばしている可能性が判断される。また加速度を見た場合、マイナス値が大であるところでは強い興味を持ち立ち止まる行動、またプラス値が高いところではその水槽が見終わり、次へと関心が移行しようとする場合には高い値が出ると予想される。

このように各被験者の利用パターンにかなりの差があることがみてとれる。利用者パターンの傾向としては、各選択コースごとに異なる傾向を示す。

### 3.3 マルコフモデルを用いた分析

#### (1) マルコフ連鎖による行動の解析

マルコフモデルは、状態の変化を状態とその間の推移確率で表したものである。隠れマルコフモ

デルでは、さらに各ノードに記号の出現確率が付けられる。被験者の行動がマルコフ性をもった推移確率を推計するために推移行列を導き出すことが、まず必要となる。本稿において考えられるマルコフ連鎖では、エルゴード型のように利用者の行動がどこかの水槽部分から脱出できなくなってしまうことは想定しにくく、吸収型のマルコフ連鎖の適用が望ましいと考えられる。

#### (2) 吸収型マルコフ連鎖にもとづく行動の解析

実際にモデルを構築してゆくにあたって、吸収型マルコフモデルのための推移行列を分析する。

図はマルコフ連鎖のA01からA05の水槽までの推移ネットワークを図式化したものである。各ノードの下には、各ノードへの移動の確率を計算したものを示している。図は推移ネットワークの一部であり、実際には各ノードごとにさらにこの下に他の水槽のデータがある。

#### (3) 各コースの行動の特徴

被験者の各コース別の行動特性をみると、以下のようなことが指摘できる。なお、この各コースはスタート時に被験者生徒が4つのコースの中から事前に興味に従い選んだものであり、いわば選んだコースごとの行動特性であり、被験者自身の差異ではないことを付記しておく。

##### ① S（泳ぐコース）

興味のない水槽はあまり見ない傾向がある。積極的に見ようとする傾向はやや少ない。自主性はあるが、積極性を欠く因子がある。

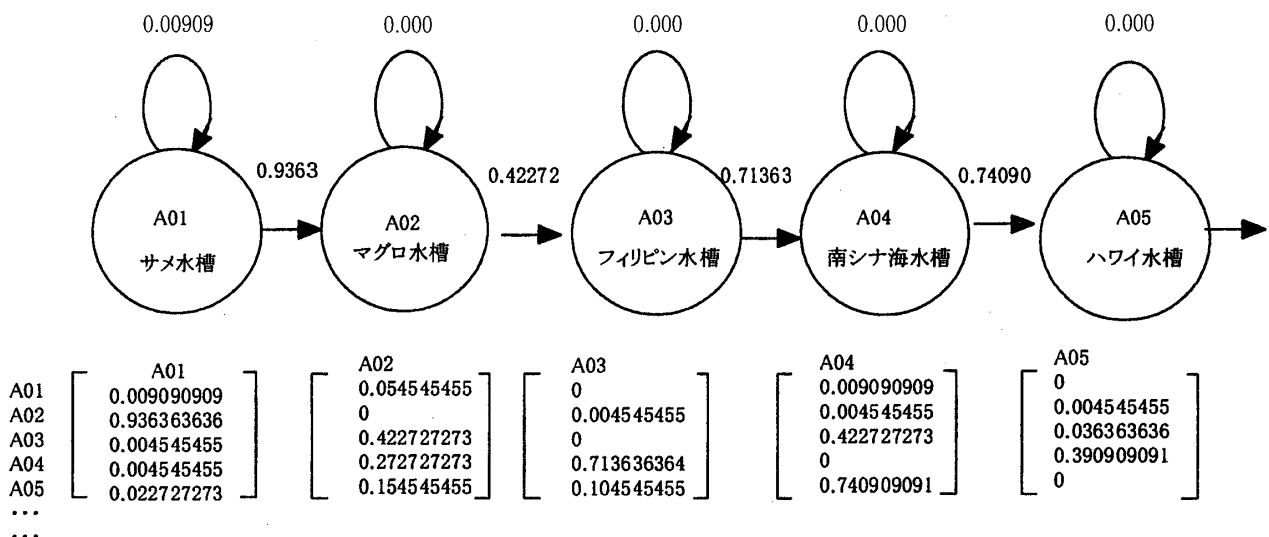


図14 マルコフ変換の模式図の例（S+N+D+Bの一部）





表4 D（身を守るコース）の推移行列

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A54			
A01		0.97	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0			
A02	0.05		0.45	0.31	0.14	0.1	0.01	0	0	0.001	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0		
A03	0	0.01	0	0.76	0.11	0.1	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A04	0.02	0	0.42	0	0.68	0.32	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A05	0	0.01	0.04	0.28	0	0.81	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A06	0	0.02	0.02	0.09	0.23	0	0.43	0.2	0.25	0.04	0.08	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A07	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0.67	0.06	0.01	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A08	0	0	0	0.01	0	0.01	0.31	0	0.72	0.1	0.15	0.01	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A09	0	0	0	0	0.02	0	0.33	0	0.43	0.48	0.03	0.02	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A10	0	0	0	0	0	0.02	0.11	0.25	0	0.43	0.04	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A11	0	0	0.01	0	0	0.02	0.01	0.06	0.11	0.24	0	0.48	0.1	0.16	0.03	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A12	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0	0.04	0	0.52	0.14	0.04	0.02	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.15	0	0.75	0.05	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A15	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0.04	0.39	0	0.31	0.15	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	0	0.09	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0.47	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.23	0	0.25	0.22	0.05	0.06	0.02	0	0.03	0.01	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.15	0	0.25	0.03	0.04	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A19	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0.01	0.05	0.19	0	0.25	0.11	0.01	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.05	0	0.28	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
A21	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0.02	0	0.4	0.16	0.02	0	0	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.09	0	0.45	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.09	0	0.45	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
A24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.08	0.12	0	0.45	0.1	0.03	0.08	0.03	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A25	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0.01	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
A26	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.05	0	0.24	0.11	0.04	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.06	0	0.02	0.06	0	0.01	0.14	0	0.4	0.11	0	0	0	0	0	0	0			
A28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.14	0	0	0	0	0	0	0.02	0.17	0.01	0.36	0	0.02	0.02	0	0			
A29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0.02	0.22	0.56	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0			
A32	0.01	0	0	0.01	0.002	0	0.02	0	0.02	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.01	0	0.3	0.05	0	0	0.01	0	0.01	0	0	0		
A30	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0.01	0.05	0.04	0.12	0.09	0.05	0.06	0.01	0	
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.08	0	0.38	0.05	0.01	0.02	0.02	0	0	
A35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.08	0	0.38	0.05	0.01	0.02	0.02	0	0
A36	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.08	0	0.44	0.03	0.01	0.01	0	0	0	
A37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0.08	0	0.48	0.11	0.03	0	0.01	0
A38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.02	0.05	0	0.52	0.08	0	0	0	
A39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.92	0.02	0	0	0	
A40	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.81	0.1	0.17	0.09	
A41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.13	0.02	0	
A42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.02	0.06	0	0.61	0.02	0	0		
A54	0.01	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.22	0.01	0.45	0	0

表5 立ち寄りの上位10水槽（左）と下位10水槽（右）

水槽番号	立寄り比率	水槽番号	立寄り比率	
A08	オーストラリア北部	A54	海鳥の生態	0.173
A04	フリリン	A52	東京湾4	0.591
A09	グレートバリアリーフ	A41	東京湾3	0.655
A06	ハワイ	A40	東京湾2	0.659
A11	バハ・カリフォルニア	A32	小笠原1	0.523
A05	南シナ	A30	渚	0.423
A17	地中海	A29	北極	0.636
A02	マクロ	A28	南極2	0.655
A15	オーストラリア西岸	A27	南極1	0.573
A01	サメ	A20	南アフリカ	0.550

う試みは、国立民族学博物館の電子ガイドや鳥羽水族館の超水族館でも既に実施されている。ただし、これらは主に施設内での利用を目的としている。また、今まで学校でのパソコンやインターネットの使い方としては、施設と学校あるいは学校同士をリアルタイムにつないだ、いわゆる遠隔授業や交流学习といった形が主流であった。これは、回線速度に余裕がない、あるいは一人で1台のパソコンを使えない、などの理由もある。しかし、今後総合的な学習の時間が増え、さらに回線速度やパソコン環境が充実していけば、ハイブリッド水族館のように一人一人に携帯端末を通して異なった情報を提供する使い方等が増えていく可能性がある。

#### 4. まとめ

今回の調査により、葛西臨海水族園のハイブリッ

ド端末による実験において、各行動コースごとのマルコフ連鎖体系を抽出することができた。

以上の調査研究から、集客型施設において情報端末などのネットワーク形成システムを利用した場合、利用者への適宜情報伝達により利用者の行動に影響を与えている可能性があること、また学習面においても事前、実施中、事後を通して音声画像を通して生徒の興味を引き出す特性などがわかった。また位置や時間時刻などのデータを収集することによって利用者頻度や有効な施設配置の検討ツールとしても使用が可能であることなどが分析された。

こうした情報機器を用いた集客施設とのデータ連携により、より魅力的で実用的な施設展開や生涯学習ツールとしての利用の可能性等が考えられる。なお、本研究において分析された利用者の行動分析結果については葛西臨海水族園の今後の建築計画的な配置案や、展示パターンの検討などにフィードバックしてゆくことも想定される。また、携帯端末をより小型の携帯電話型のものとしてターミナルセンサーを簡略化しコストを下げる、あるいは他の集客施設への応用などの展開の検討等が考えられる。

## 謝辞

なお、本研究を進めるにあたっては、情報処理振興事業協会、株式会社IMDおよび株式会社三菱総合研究所ビジネスソリューション事業本部ITソリューション事業部森田秀之氏にたいへんお世話になった。改めて関係者各位に感謝の意を表したい。

## 補註

### (1) ハイブリッド水族館システム

来園による見学・観察を主体とした利用と、インターネット経由でのホームページ上での図鑑資料的な利用とを融合した水族館システム。来園時は貸与する携帯端末を持ち歩くことで、各自でそれぞれ異なる解説を聞くことができる。

### (2) マルコフ連鎖

発生過程を状態遷移ネットワークを利用して、統計的に予測するモデルの名称。確率過程を考えると、異なる時点における確率変数相互の関係としてある時点の確率が、その直前のパラメータに依存すると仮定して次ぎの推移を予測する。例えば今日の在庫量は昨日の在庫量との関連性があるが、昨日より前の量とは関連性を持たないときマルコフ性をもつ。確率過程で理論的な応用性が高いといわれる。

## 参考文献

- 1) 横浜市経済局, 野村総合研究所, 国際会議の効果に関する実態調査報告書, 1994.3
- 2) 川口和英, 横浜市企画推進局プロジェクト推進室, 「大規模集客施設基本構想検討調査 (I)」, 1995.3
- 3) 川口和英, 横浜市企画推進局プロジェクト推進室, 「大規模集客施設基本構想検討調査 (II)」, 1996.3
- 4) 川口和英, 需給モデルからみた大規模球場型集客の魅力係数に関する研究—集客施設の入場者数予測手法に関する基礎的研究—, 日本建築学会計画系論文集, NO534, pp123, 2000.8
- 5) 林田和人, 山口有次, 佐野友紀, 中村良三, 渡辺仁史, 「回遊空間における最短経路歩行について」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1997.9
- 6) 森田秀之, 「インターネットと携帯端末を連携させた総合的な学習のための実験プロジェクト—ハイブ

リッド水族館の構築—」, 1999

- 7) 大崎純, マルコフ連鎖モデルと遺伝的アルゴリズムによる施設配置最適化, 日本建築学会計画系論文集 NO.510, pp.251, 1998.8

## 要旨

今日、情報化社会の進展にともないインターネットや携帯機器によるアミューズメント施設が登場してきている。実際に水族館などの集客施設の観覧の際に情報端末を組み合わせることによって、施設の教育効果を高めたり、よりインタラクティブに施設内の利用と情報を連携させてゆくことが可能となってきている。本研究では、携帯端末から収集した実験データをもとに、水族館内の利用者の行動解析を行うことを目的とした。またマルコフ連鎖との関連性をみながらシミュレーションを行い実際の計画への適応性の可能性についてもあわせて検討を試みた。