

# 展示における観覧時間分布のガンマ関数による解析

榎原 聖文

国立科学博物館 工学研究部

## An Analysis by Gamma Function on the Distribution of “Watching-Time” in Exhibits

By

Seibun SAKAKIBARA

Department of Engineering, National Science Museum, Tokyo

### Abstract

The author carried out an analysis on the distribution of “Watching-time” in exhibits by Gamma Function. In order to decide the confidence of gamma distribution on “Watching-Time” in exhibits, he had the Chi-square Test. As a result, six exhibits out of twelve were fit for the Chi-square Test.

This fact shows the analysis by gamma function is useful as a method of evaluation on the distribution of “Watching-Time”, and means that there may exist some laws concerning the action of visitors in exhibits.

### 1. はじめに

従来、展示効果の一つの評価方法として、展示における平均観覧時間が用いられている。この平均観覧時間は基本的には客観的データであるといえる。しかし、これについて検討したところ、平均観覧時間がほぼ同じであっても、観覧時間の分布は展示品によって大きく異なる。例えば、一定の割合で指数関数的に分布したり、非対称的分布を示したり、展示品によって特有の分布を示していることがわかった。したがって、現状では、平均観覧時間の長短によって、展示効果を評価することは難しいと考える。

この観覧時間の分布の性質を明らかにするために、各展示における観覧時間の統計値をガンマ関数によって解析した。

ガンマ関数は確率密度関数であって、二つのパラメーター (Shape Parameter, Scale Parameter) によって決定されるが、この積は平均観覧時間と等価になっており、したがって、平均観覧時間が“形のパラメーター”と“時間のパラメーター”の二つの構成要素として捉えられていることになる(後注)。

そこで、当該展示品のデータからガンマ関数の母数を算出し、この結果に基づいて、この展示品のガンマ分布を求め、その信頼度を確かめるために、実際値との違いについて  $\chi^2$  検定によって評価した。この結果、ガンマ関数による解析が有効であることが明らかとなった。本稿はその報告である。

## 2. 解析方法

ガンマ関数

$$\Gamma_{\alpha, \beta}(X) = \frac{X^{\alpha-1} e^{(-X/\beta)}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \quad (\alpha > 0, \beta > 0, X > 0)$$

の二つのパラメーター  $\alpha, \beta$  の推定値は、最尤法によって次のようにして求められる。

標本値  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

標本数  $N$

算術平均  $AM = (\sum X_i) / N$

幾何平均  $GM = (\sum \log X_i) / N$

$$Y = \log(AM) - GM$$

形のパラメーター  $\alpha$  は、グリーンウッド・デュランド (Greenwood and Durand) の式を用いて、

$$0 < Y \leq 0.5772 \quad \alpha = 0.5000876 Y^{-1} + 0.1648852 - 0.0544274 Y$$

$$0.5772 < Y < 17 \quad \alpha = (8.898919 Y^{-1} + 9.059950 + 0.9775373 Y) / (17.79728 + 11.968477 Y + Y^2)$$

尺度のパラメーター  $\beta$  は、

$$\beta = AM / \alpha$$

である。整数でない  $\Gamma(\alpha)$  の計算は容易でないので、この方法によって得られた個々の展示品における推定値  $\alpha, \beta$  を、式

$$\int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{(-x/\beta)} dx$$

に代入し、シンプソンの第一公式

$$A = \int_{x=0}^{x=2n} y dx = \frac{h}{3} \{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \dots + 2y_{2n-2} + 4y_{2n-1} + y_{2n}\}$$

を用いて近似値を高め、期待値を計算した。

$\chi^2$  検定は、データの最小値と最大値の間を幾つかの小区間に分け、ガンマ分布による各期待値を求めた。実際値との差異については、期待度数 10 (人) 以上になるように小区間をまとめて検定を行い、上側 5% の危険域に入るものを有意とした。

## 3. 調査資料

調査資料は、徳島県博物館『教育活動を反映させた展示効果』(1976) に記載されているデータを使用した。ここには 12 の展示コーナーにおける各観覧者 (272 人) の観覧時間が 0 秒から 2 秒単位で記載されており、また、調査対象者の性別及び年齢 (年代別)、そして、各展示コーナーの間口の長さが記載されている。この間口の長さが併記されている理由は、観覧者が必ずしも静止して観覧するとは限らないためであり、したがって、観覧時間とはその間口を通過するまでに要した時間を意味している。展示コーナーの内容は、概略次の通りである。

展示コーナー 1: 『動物とは何か?』パネル

展示コーナー 2: 『剣山ネズミの立体分布図』標本、骨格標本

展示コーナー 3: 『徳島県立体地勢図』獣類の写真をその分布地にたてて示す。

展示コーナー 4: 『哺乳類の剥製』

展示コーナー 5: 『哺乳類の剥製』ホンダタヌキ、タヌキ (2)、アナグマ (2)、キツネ、クジラのコーナー後頭骨、肋骨、胎児、肺臓など

展示コーナー 6: 『哺乳類の剥製』テン (4), イタチ他, 両生類コーナー, オオサンショウウオ他, 骨格標本など

展示コーナー 7: 『鳥類の剥製』ケース展示

展示コーナー 8: 『鳥類生態展示』ジオラマ, ヒバリ, ハヤブサ, マガモ, キジバト, カケスなど, 約 37 種

展示コーナー 9, 10: 『鳥の生態写真』パネル

展示コーナー11: 『魚の剥製』魚類, 甲殻類など, 額縁入り (19 点), ケース入り (11 点) 美術館のギャラリー形式

展示コーナー12: 『徳島県の昆虫』徳島県の蝶, キリンシマドリシジミ他, 約 100 種以上, トンボ類の羽化殻, 標本など 200 種以上.

当資料を利用するにあたり, 次のような操作をほどこした.

博物館の利用者の館内滞留時間は, 単独観覧者と同行観覧者とは, その平均滞留時間もその分散値も異なることが報告されている. したがって, 両者は異なる母集団に属すると考えられる.<sup>(1)</sup>

当資料はこれらが区別されていないので, そこで 3 ケ所以上の展示において, 同一観覧時間 (秒) を示した人々を除き, 209 人を単独観覧者群とみなし, これを検討資料とした.

#### 4. 解析結果

第 1 表は, 各展示コーナー (12 ケ所) における各数値である.

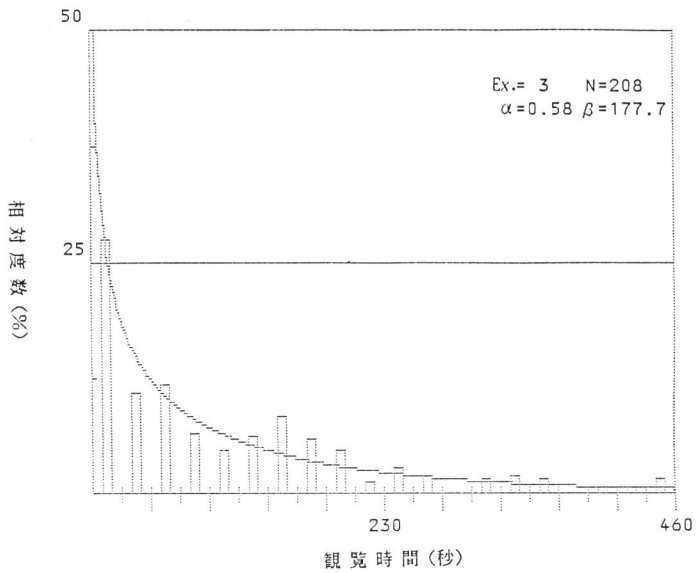
第 1 欄は展示番号, 第 2 欄はその平均観覧時間, 第 3 欄は形のパラメーター  $\alpha$  の推定値, 第 4 欄は尺度のパラメーター  $\beta$  の推定値, 第 5 欄は  $\chi^2$  検定の結果であり第 6 欄は各展示における間口の長さを示している.

第 1-5 図は展示番号 3, 5, 7, 8, 11 のガンマ分布曲線とその実際値を棒グラフで示したものであり, 展示番号 3, 8 の第 1 図と第 4 図は有意差の認められたものである. 図の Y 軸は標本数 (人数) に対す

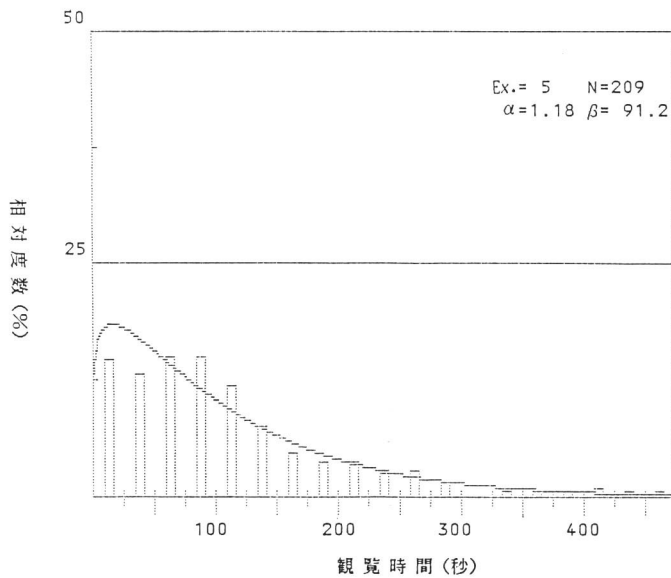
第 1 表 各展示コーナーにおける数値

①Ex. No.: 展示番号, ②AM: 平均観覧時間 (秒), ③ $\alpha$ : 形のパラメーター,  
④ $\beta$ : 尺度のパラメーター (視続時間 秒), ⑤ $\chi^2$ : 検定結果, ⑥m: 展示コーナーの間口の長さ (メートル)

Ex. No.	AM	$\alpha$	$\beta$	$\chi^2$	m
No. 1	17.6	.47	37.6	×	6
No. 2	76.9	.88	87.9	○	4
No. 3	103.0	.58	177.7	×	4
No. 4	131.3	.91	143.6	○	10.5
No. 5	107.7	1.18	91.2	○	6
No. 6	113.4	1.12	101.2	○	7.5
No. 7	65.1	.60	109.2	○	3.5
No. 8	83.9	.72	116.3	×	3
No. 9	13.8	.44	31.4	×	3.5
No. 10	15.1	.43	35.2	×	3.5
No. 11	434.0	1.98	219.3	○	25
No. 12	36.5	.57	63.9	×	6



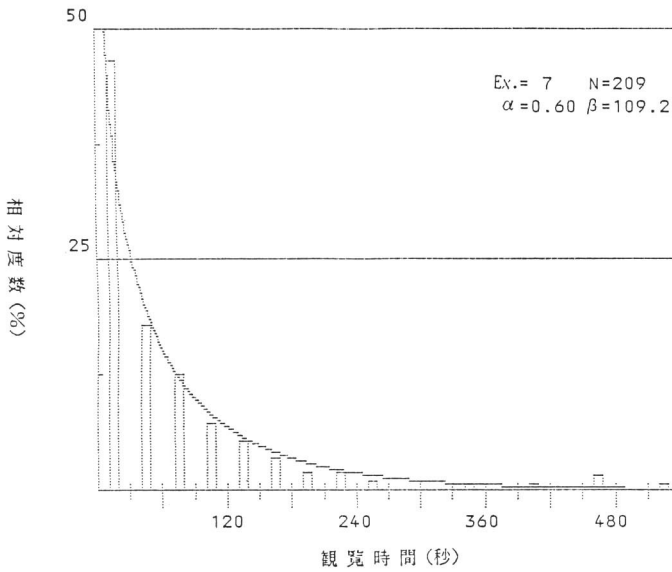
第1図 展示コーナー3の実際値（棒グラフ）と期待値（分布曲線）



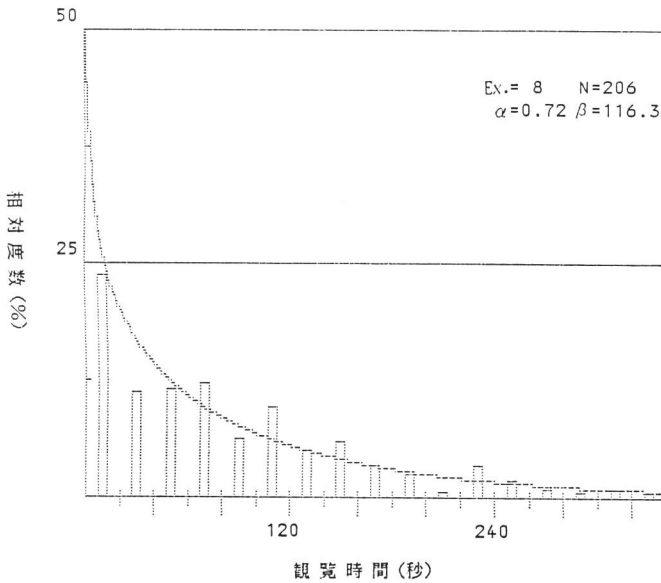
第2図 展示コーナー5の実際値（棒グラフ）と期待値（分布曲線）

る各観覧者数の割合（相対度数）を示したものであり、 $X$ 軸は観覧時間（秒）を示している。非常にかげ離れたデータが孤立してあるときは除外した（1-3人）

第6図は、第1表における第2欄、第3欄、第4欄の関係を図式化したものである。図中の数字は展示番号、■印は有意差が認められたものである。



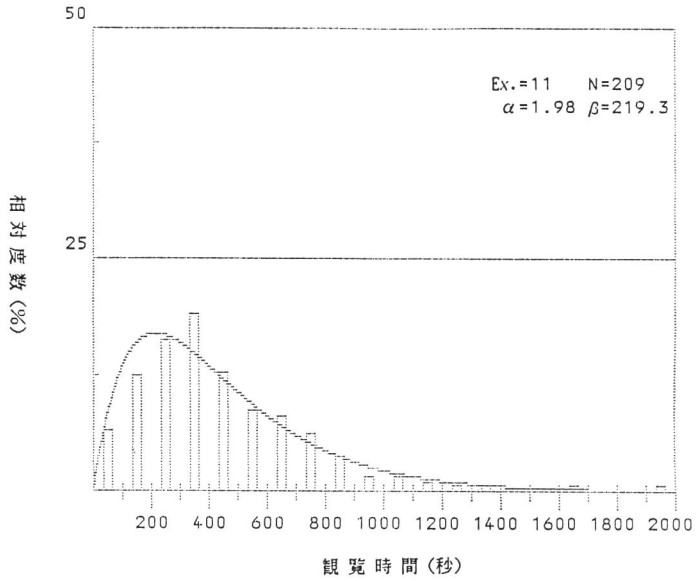
第3図 展示コーナー7の実際値 (棒グラフ) と期待値 (分布曲線)



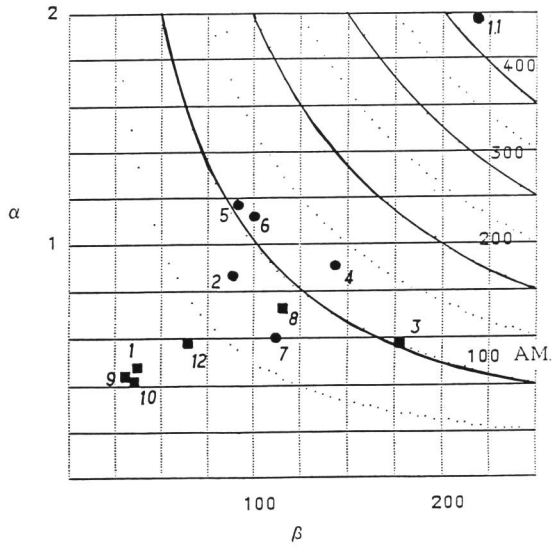
第4図 展示コーナー8の実際値 (棒グラフ) と期待値 (分布曲線)

### 5. 考 察

本論は、観覧時間の分布のガンマ関数による解析の妥当性を知るために、既存の調査資料を検討対象としたものである。正確を期すには、実地の調査資料について検討する必要があると考えるが、こ



第5図 展示コーナー 11 の実際値 (棒グラフ) と期待値 (分布曲線)



第6図 各展示コーナーの平均観覧時間 (AM) と形のパラメーター ( $\alpha$ ) と尺度のパラメーター ( $\beta$ ) の関係

これまでの検討結果から、幾つかの成果と今後の検討課題を引き出すことができる。

1. 観覧時間の分布は非対称分布を示す。したがって、平均観覧時間だけではその展示品の性質を示すとはいえない。

2. 調査対象者の性別、年齢、職業、趣味にかかわらず、観覧時間の分布がガンマ分布にしたがうことが明らかとなった。このことは、無意識のうちにおこなわれる観覧者の行動に一つの規則性が存在することを示している。

3. 形のパラメーター  $\alpha$ 、及び尺度のパラメーター  $\beta$  を、仮に“看取点の数”そして“視統時間”と呼ぶとき、これらが“実際の看取点の数”や“実際の視統時間”とどのような関係にあるかについては今後の課題である。一つの方向としては、NHK 放送技術研究所で開発されているビジョンアナライザー (Vision Analyzer) によって、これらに関する知見を得ることができると考える。

4.  $\alpha$  と  $\beta$  の意味関係については、例えば、ある機器の故障の発生時間がガンマ分布にしたがうとき、ショックの発生率を  $1/\beta$ 、 $\alpha$  回のショックではじめて故障を招くまでの時間として意味づけられているように<sup>(2)</sup>、その解釈については今後の課題である。

5. 有意差が認められた展示の原因としては、観覧時間の計測上の問題を別にすれば、①観覧者の属性、その他にもとづく原因が考えられる。好みを二分するような展示の発見、例えば、“零戦の展示”における観覧時間の分布においては、戦中派と戦後派とで異なる分布をすると考えられ、このようなデータの解析が必要であると考えられる。②解析上の精度の問題としては、本論文は完全ガンマ関数による解析であり、不完全ガンマ関数による解析がより有効であると考えられる。

6. ガンマ関数による解析の利点は、①標本数が充分であれば、調査対象者が個々の展示によって異なってもよく、大規模な博物館における調査が容易になることである。②現在の展示と過去の展示との比較、異なる博物館における展示の比較が可能になることである。③観覧時間の分布を単なる統計量としてではなく、確率現象として捉えていることになり、これらの点から見てガンマ関数による観覧時間の分布の解析は優れた方法であると考えられる。

7. 観覧時間は視環境下において人間が無意識のうちにおこなう行動時間の違いであり、このような条件の成り立つ景観工学その他において、ガンマ関数による解析方法を応用できると考える。

### 註) 観覧モデルについて

第1図から第5図にみるように観覧時間の分布は指数関数型、1山型、2山型など様々な形をしているが、共通した特徴も見ることができる。分布の左側すなわち時間の短い所に頻度の高い山の部分があり、右側に長く裾を引く形をしていることである。このことから、観覧行動を単純化・模式化した次のような観覧モデルを考えた。

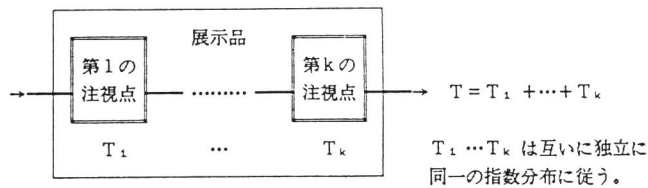
まず、展示品には1つまたは複数の「注視点」あるいは「見るに値する個所」があると仮定する。さらに、多数の観覧者が「注視する時間」は、各注視個所に対し独立に同一の指数分布に従うものと仮定する。このような仮定の下では、注視個所の数を  $k$  とすると、各観覧者の観覧時間  $T$  は、第1図に示すように、各注視個所毎の注視時間  $T_i$  ( $i=1, \dots, k$ ) の合計として得られ、一般に  $k$  次のアーラン分布に従う。アーラン分布は(より一般的にはガンマ分布も)実際の観覧時間分布と形の上で共通した特徴を持ち、最も簡単な  $k=1$  つまり注視個所が1個所の場合は指数分布になり、2個所ある場合 ( $k=2$ ) には第5図に似た1山型の分布となる。

第7図のようなモデルは「待ち行列」問題の解決に良く用いられるものであるが、観覧行動のモデルとしてはやや不満がある。それは、展示品についての注視個所が個々の観覧者により異なることは充分考えられ、従ってその個数  $k$  もまた変動する可能性があるという点である。そこで、第8図のようなやや複雑なモデルを採用することを検討する。

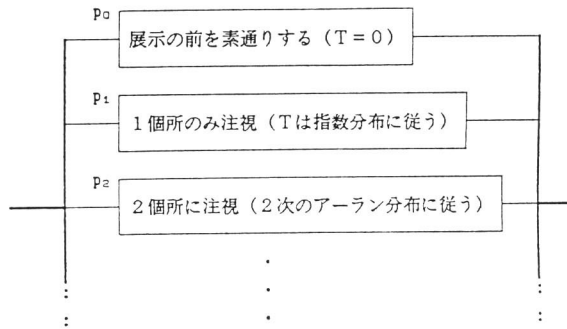
第3図のモデルでは、2つの仮定に加え、ある展示品について各観覧者が  $k$  ( $k=0, 1, \dots$ ) 個所に

注視する確率が  $p_k$  で与えられているものとする。すなわち、確率  $p_0$  で展示品の前を素通りし、確率  $p_1$  で1箇所だけ眺め、確率  $p_2$  で2箇所を観察し、…という具合である。このような構造を仮定すること自体にそう無理はないと思われるが、観覧時間  $T$  の分布は簡単ではなく、指数分布のパラメータおよび確率  $p_k$  を実用的な精度で求めるためには非常に多量のデータが必要である。また、それら全てのパラメータ値を求めることは、当初の「展示効果の比較」という目的からむしろ離れてしまう恐れが強い。

しかし幸いなことに、注視箇所の数  $k$  の分布が1山型あるいはL字型で小さい分散を持つ場合、言い換えれば、各観覧者の注視する箇所の数がそう変わらない場合には、観覧時間  $T$  の分布はガンマ分布で比較的うまく近似できる。そこで実測データにガンマ分布を当てはめ、求めたパラメータ値を通じて展示の効果を表現しようと考えた。



第7図 観覧時間の指数サービス時間連続窓口モデル



第8図 注視箇所の数に確率的に選択されるモデル

## 謝 辞

資料の利用を御承諾頂いた徳島県博物館、ガンマ関数について御教示頂き、また最尤法のプログラムを頂いた国立統計数理研究所、仁木直人、種村正美両助教授、注視点情報解析に関する資料を頂きましたNHK放送技術研究所視覚情報研究部、福田忠彦副部長の皆様には厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- (1) 神奈川県教育委員会 1976『展示態様と展示効果に関する調査研究報告(1)―神奈川県立博物館における―』
- (2) 富士通信機製造株式会社編 1963『設計・製造・管理技術者のための信頼性の理論と実際(上)』オーム社