

## Scientific evaluation for folklore related to lightning

|       |   |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者:<br>公開日: 2022-04-01<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 小林, 隆一, 林, 政彦, 高橋, 和枝<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1790">https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1790</a>                       |

# 雷にまつわる伝承に関する科学的検証

Scientific evaluation for folklore related to lightning

小林 隆一\*

Ryuichi KOBAYASHI

林 政彦\*

Masahiko HAYASHI

高橋 和枝\*\*

Kazue ICHINO Takahashi

## Abstract

Since ancient times, lightning has been an awe-inspiring subject, both "god's wrath" and "god's grace," beyond human knowledge. It is now well known that lightning is one of the meteorological phenomena with a natural electricity. In the 18th century, it was confirmed by Benjamin Franklin, but it took some time before it became widely known to the public. Therefore, many myths and folklore about lightning remain not only in Japan but also overseas. Some of them have been confirmed to be credible by the current science, but many have not been scientifically explained. In this paper, among the folklore related to lightning strikes, the folklore that "God of lightning takes the navel" is scientifically considered from the electrical point of view. Considering lightning as an electrical phenomenon, we are considering the effects of electricity on the human body, the structure of the human body, etc. with electrical and thermodynamic theorems. We also present several considerations and descriptions in references to support above results.

## 1. はじめに

雷光や雷鳴とともに雨をもたらす雷は、人々にとって恵みを与える一方で、落雷による火災等の被害は、「神の怒り」として畏敬の念の対象であった。いにしえより雷は身近な自然現象であり、人々の生活と密接に関わっていた。そのため、雷除けのおまじないから雷の恵みまで様々な民間伝承が言い伝えられている。

例えば、“くわばら、くわばら、くわばら、と唱えらると、雷が落ちない”，という雷除けのおまじないはよく知られている。その由来には諸説あり、九州に左遷された恨みを雷で果たした菅原道真公の所領に桑畑が多かったから [1-3] という話は有名だが、その他にも、『昔、天から誤って落ちた雷様が村人にいじめられて慌てて逃げ、太鼓を忘れた。その太鼓を雷様に返した際に「二度と雷を落とさない」と約束した場所の地名がクワバラだった』[4]、『天に登って

\* 工学部 客員教授 (環境システム学科)

\*\* 研究員 環境システム学科専任教員

受理日：(2021年11月1日)

発行日：(2022年2月28日)

雷様を手伝っていた子供が誤って雲から落ち、そこが桑畑だった。そのため、雷様はこれまでの手伝いに感謝して桑畑には雷を落とさないようにしている』[5]、等の言い伝えが残っている。あるいは、信仰を起源とする雷除けのおまじないもある。『東に向かって阿伽多(あかた)、南に向かって利帝魯(りてろ)、西に向かって須陀光(すだこう)、北に向かって蘇陀摩尼(そだまに)と書いた紙を部屋の四隅に貼れば雷が落ちない』、というおまじないがある。これは、平安時代の貴族の間で言われていた雷除けのおまじないであり、その由来は、道教の経典の中の「光明電王」という雷に関わる神様の名前で、四方を神様で封じることで雷が落ちない[6][7]、と言われている。

本稿では、多数ある雷にまつわる伝承のうち、「雷様にへそを取られる」という言い伝えについて科学的な視点からの考察について述べている。まず、これまで様々な雷の伝承に対して行われてきた科学的なアプローチの事例について述べる。次に、「雷様にへそを取られる」ことに対する電気工学的なアプローチとして、まず人体の構造から等価的な電氣的モデルを構築する。次に、雷の電氣的特性から人体に落雷した場合を等価回路によってあらわし、その影響について考察した結果について示す。最後に、本稿での考察結果を裏付ける資料等について調査した結果について述べる。

## 2. 雷にまつわる伝承と科学的検証の事例

### 2.1 雷に関する伝承の科学的説明例

雷は人々の生活に近い自然現象であるため、数多くの伝承が残されている。それらには雷鳴や雷光に対する恐れから生じたと思われるものや、身近な実体験として残されたものまで幅広く存在する。伝承の多くは民話や説話をもとに説明がなされているが、中には比較的科学的な見解から説明がされている場合もある。例えば、前述の「クワバラ、クワバラ」という雷除けのおまじないは、菅原道真公の地領が“クワバラ”だったという話や、雷様が落ちてきた場所の名前等、言い伝えや民話で説明されている。一方で、歴史的な背景から科学的考察を加えている場合もある。かつて養蚕業が盛んであったところに、桑畑は比較的身近にあったと考えられる。養蚕のための桑畑では木をあまり高く育てず、桑の木は灌木として育てられた。文献[8]のコラムの中では、『背の高くない桑畑の中にしゃがみ込むことは、高い木のある場所を避け、かつ雷除けの格好(雷しゃがみ)をとることになるため、科学的に考えても落雷の被害を避けるための適切な行動であった』と考察されている。

### 2.2 植物の生育に関する効果の科学的説明例

文献[1][3]等では、植物と雷の関係を表す言い伝えとしては、

- ①雷の多い年は豊作
- ②雷が落ちるとキノコが良く育つ

といったことが言われており、科学的な見解や検証が現在でも行われている[10-14]。

#### 2.2.1 雷と稲の生育

雷光のことを「稲妻(夫)」というのは、雷と米作りとが密接に結びついていることを表し

ている。夏の雷を考えると、多くの場合、昼間よく晴れて気温が上昇し、積乱雲の発達を促すことで夕立とともに発生する。これを稲の生育の観点から考えると、「日射量と温度」、「水の供給」の観点で生育に十分な環境が得られていると言える。また、雷がよく鳴る7～8月は、稲が実（穂）をつけ始める時期である。そのため、雷が鳴りだすと稲が孕みだす、または雷が多いと稲が多くの実をつける、ということから稲を孕ますものとして“夫（妻）”の文字が使われている、という。また、雷の膨大なエネルギーによって、空気中の窒素がイオン化し、植物の生育の三大要素の一つである硝酸塩ができ、稲の生育を促進するという事も述べられている [1] [3] [10]。文献 [10] では、栃木県における雷雨時の雨水の中の窒素化合物量について調査結果が示されており、文献のなかでは雷により硝酸塩が生成されているとの見解が示されている。また、1913年に発行された文献 [11] の中でも、『酸窒両元素が容易に化合し得るものとすれば度々の雷電で夙くの昔し地表に住む生物は滅亡して居らねばなりません』という記述があり、20世紀初頭の時点で、雷による窒素化合物の生成は学术界でも検討されていたと考えられる。一方、文献 [3] では、雷による窒素化合物の生成はあるとしているが、それによって生成される硝酸塩は、生育を促進するために必要な分の数%程度の量であると述べられている。

## 2.2.2 雷とキノコの関係

次に②のキノコの生育については、様々な学術機関で研究がおこなわれており、そのメカニズムの解明が進められるとともに、実際の試験機等の製造がおこなわれている [12-15]。文献 [12] では、雷によってキノコの生育がよくなる理由として、

- i) イオンや電界による子実体形成の刺激
- ii) 菌糸の断裂に伴う二核菌糸の形成
- iii) ホダ木の繊維裁断や空孔の形成
- iv) 雑菌の不活性化など子実体抑制要因の排除

などが挙げられている。文献 [15] では、ii) の項目に着目して開発した“キノコ増産用パルス高電圧発生装置”の検証結果が示されており、一定の条件のパルス高電圧によって、キノコの収量が1.3～2倍になると述べられている。

## 3. 「雷様がへそをとる」ことへの科学的考察

### 3.1. これまでの解釈

「雷様にへそを取られる」という伝承を説明する説はいくつかあるため、そのいくつかを紹介をしておきたい。

#### 3.1.1 一般的に伝わる科学的見解を伴う解釈

夏の雷は積乱雲とともに発生する。積乱雲の一生のモデルを図1に示す [16]。図1 (a) に示す発達期には、太陽の日射により地上付近の空気が暖められ上昇することで積乱雲が発生する。地上から10～12kmの位置まで積乱雲が発達すると（同図 (b)）、積乱雲の中では、上昇気流と下降気流（時々、ダウンバーストと呼ばれる強風が発生）が生じることになる。雷は、

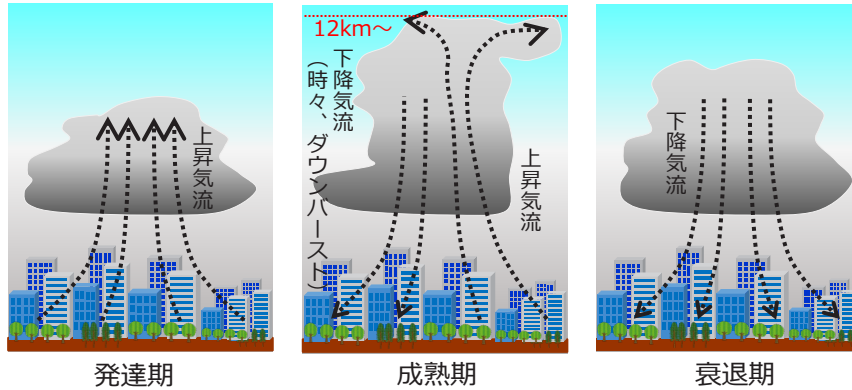


図1 積乱雲の一生

積乱雲の中の氷晶の摩擦による電荷の授受により生じ、積乱雲の最盛期のかなり前から発生していることが確認されている [8]。積乱雲中の氷晶の下降が増えてくると、氷晶の融解や雲底下での雨粒の蒸発等により空気が冷え、下降気流が強まり、上昇気流が弱くなる。そうして同図 (c) のような衰退期に入り、積乱雲は一生を終えることになる。

この積乱雲の一生から、雷をともなう夕立が降り始めると、上空から冷たい風が吹いて地上の気温を低下させることになる。そのため、子供がおなかを出して昼寝をしていると、夕立のあとの冷気によっておなかをこわす可能性がある。そこで、子供たちがおなかをこわさないように母親が子供に「おへそを隠さないと雷様にとられちゃうよ」と言って、おなかに一枚掛物をかける、そういった母の愛情を表していると言われている [3] [9]。あるいは、へそを完全に隠そうとすると自然としゃがみこんでおなかを抱える姿勢になる。これは雷を避けるための「雷しゃがみ」の格好をとることになるため、落雷の危険を低減する。従って、へそを隠すことが自然と雷除けの格好をしていることになる、という科学的根拠に基づく説明もある [8] [9]。

### 3.1.2 民俗学的な観点での解釈

全国各地には、へそ（臍）と雷にまつわる民話がいくつか残されている。

奈良県の秋篠寺に残る言い伝えでは、『承和（834-848年）七年のある日、雷様が誤ってこの寺に落ちた。その際、唐から帰朝してこの寺に参籠していた常曉律師が生け捕り、二度とこの地に来ないようにへそを雀り取ったというのである』。この話が反対の話として伝わったというのである。また、文献 [5] には、『常陸國記』<sup>※注1</sup>の中に、雷と績麻（へそ：糸を巻く苧環）<sup>※注2</sup>に関する話が紹介されている。

『兄妹が田植えをしながら、「植え付けが遅れたものは雷神の禍を被るだろう」と話していたところ、妹が遅れ、その時雷が鳴って妹が死んでしまった。兄は死んだ妹の仇討ちをしたかったが雷神の居所がわからない。そのとき、兄が肩に止まった雉の雉に績麻の糸の一端を結んだところ、雉は飛び立った。兄がその糸をたどると雷神の住処にたどり着くことができた。刀を振りかざして仇討ちをしようとする、雷神が命乞いをし、将来けっして雷災を与えないと

誓ったため逃がしてやった。』

この話の績麻（へそ）が臍（へそ）に転じた、とされている。

※1 文献 [5] では「常陸國記」と記されているが「新編常陸国誌」のことと思われる。

※2 文献 [5] では苧環（おだまき）のことを績麻（うみお（そ））と書いている。

## 3.2 電気現象の観点から検討

### 3.2.1 雷の正体

雷の正体を探る研究は、17 世紀末から 18 世紀にかけて行われている。その結果、図 2 に示す 1756 年の有名なフランクリンの凧の実験 [3] 等を通して、その正体が電気的な現象であることが確認された。それとともに雷の発生メカニズムについても研究がなされ、いまでは、雲中での氷晶の摩擦電気現象であることがわかっている [9]。

### 3.2.2 落雷によって生じる現象

雷が地上のモノに落ちること（落雷）によって、様々な現象が発生する。例えば、樹木に落ちると、樹木が裂けたり、山火事の原因になったりする。19～20 世紀初頭にかけては、どんな種類の樹木に雷が落ちやすいかを研究した成果が報告されている [1] [3]。また、構造物に落ちることによって、電化製品の損傷や構造物の破壊等、様々な被害が発生する。図 3 は、コンクリート製の電柱に落雷し、その影響でコンクリートの一部が破損し脱落した例である。

### 3.2.3 落雷による人間への影響

人間に落雷すると、「花紋」と呼ばれる赤いミミズ腫れが皮膚表面に現れる [1] [2]。また、最悪の場合、死亡（震死）する場合もある。図 4 は、文献 [1] 及び文献 [17] から、落雷による死者数をまとめた表である。図より、明治時代には、落雷により年間数十人の死者が記録されているが、昭和 50 年代以降は雷による死者が急速に減少していることがわかる。文献 [18] では、その要因として、産業構造の変化、都市部への集中、生活スタイルの変化等を挙げている。それを説明するデータの一例として、総務省統計局が公表している“6 階以上の建物の数の推移” [19] と“雷による死者数”の変化を比較したものを図 5 に示す。図から、昭和 50 年代から高い建物の数が増加するとともに、震死者数が減少していることがわかる。

## 3.3 落雷による人体への影響

ここでは、人体に落雷した場合について電気工学的な観点からその影響を考える。まず初めに人体の構造について考え、電気的な特性について考察する。次に、雷の電気的特性を加味し、人体に落雷した場合の等価回路について考える。最後に、人体を通過するエネルギーを求め、その影響について考察していく。

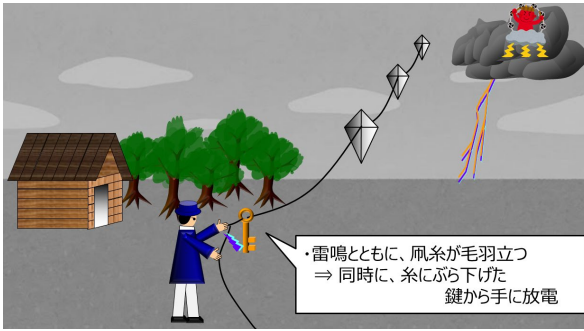


図2 フランクリンの実験概要



図3 電柱の被害例

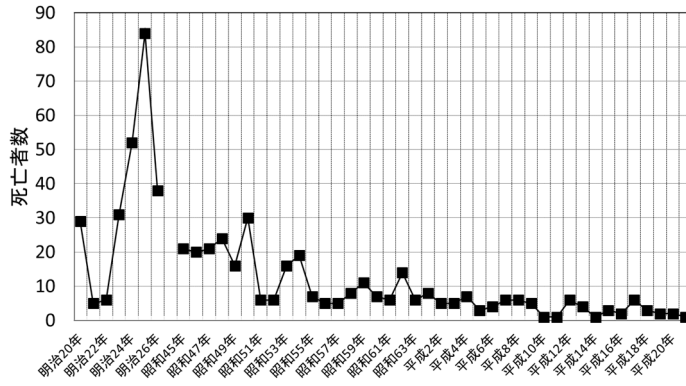


図4 明治以降の落雷による死者数の推移

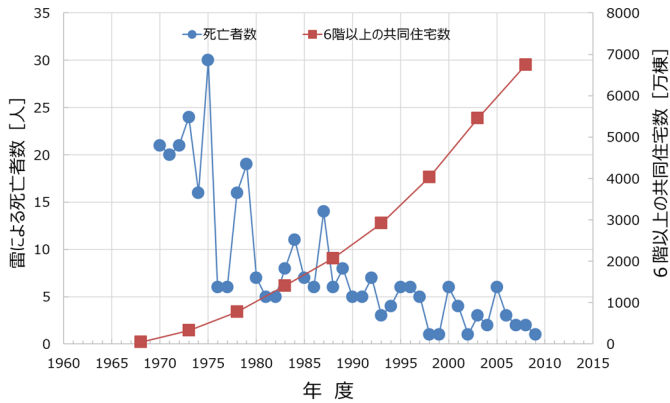


図5 雷による死者数と6階建て以上の住宅数の推移 [17] [19]

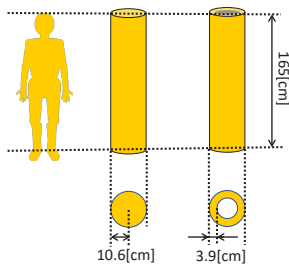


図6 人体のモデル化

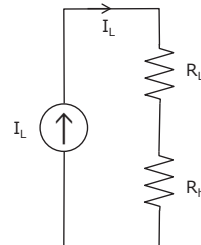


図7 等価回路

### 3.3.1 人体の構造

まず人体の構造を考える。手や脚等は骨の周囲が筋肉と皮膚に覆われている。頭部は頭蓋骨内に脳が収められ、その上に皮膚や筋肉がついている。一方、内臓のうち心臓、肺は肋骨に囲われており、胃、腸、肝臓等は腹腔内に収められている。

次に日本人の人体の大きさについて考える。産業技術総合研究所 (AIST) の“人体寸法データベース 1991-92” [20] の記載では、平均身長 165.47 [cm]、平均体重 58.1 [kg] (男性が 171.40 [cm]、63.3 [kg]、成人女性で 159.13 [cm]、52.6 [kg]) となっている。また、同データベースから、人体の肩囲、胴囲、臀囲の平均値を見ると、104.8 [cm]、68.23 [cm]、90.06 [cm] となっている。

### 3.3.2 人体のモデル化

前節のデータから人体を図 6 に示す等価な円筒形に置き換えてみる。まず高さ 165 [cm]、半径 10.6 [cm] (周囲 66.6 [cm]) の水で満たされた円柱を考える。その体積は、

$$165 \times \pi \times (10.6)^2 = 58,243 \text{ [cm}^3\text{]}$$

となる。従って、水の比重を  $1 \text{ [g/cm}^3\text{]}$  とすると、その重さは

$$58,243 \text{ [cm}^3\text{]} \times 1 \text{ [g/cm}^3\text{]} = 58,243 \text{ [g]} \doteq 58.2 \text{ [kg]}$$

となり、平均体重とほぼ一致する。次に、人体の水分量は体重のおよそ 50～70 [%] と言われており [21]、およそ 60 [%] が水分であるとする、平均体重から約 35 [kg] が水分となることがわかる。そこで高さ一定の条件下で考えると、底面 (または上面) の面積のうち、中心から 4 割分の円の面積が中空である円筒形とすればよい。中空部分の半径は以下の式で求められる。

$$(\text{中空部の半径}) = \{(10.6)^2 \times 0.4\}^{1/2} = 6.7 \text{ [cm]}$$

従って、円筒の厚さは  $10.6 - 6.7 = 3.9 \text{ [cm]}$  となるため、人体を半径 10.6 [cm]、厚さ 3.9 [cm]、高さ 165 [cm] の円筒として考えることができる

### 3.3.3 電気工学的観点からの人体の抵抗値

文献 [22] によれば、人体の抵抗は“接触電圧の大きさや接触面積で変化する皮膚等の接触抵抗”と“人体の内部抵抗”で与えられ、人体の内部抵抗の値は概ね 500 [Ω] である、とされている。前節で検討した人体の円筒形モデルが水分で満たされていると考えた場合、その抵抗値  $R_h$  は以下の式で与えられる。

$$R_h = \rho \times L / S_{cr}$$

但し、 $\rho$  は水の抵抗率、 $L$  は電流経路の長さ、 $S_{cr}$  は電流経路の断面積である。

純水の理論的な電気抵抗率は  $1.82 \times 10^5 \text{ [}\Omega \text{ m]} (=18.2 \text{ [M}\Omega \text{ cm]})$  であるが、実際の水の抵抗率はその中に溶けている不純物の濃度等で決まる。例えば、水道水の場合、概ね 50～100 [Ω m] (= 5～10 [kΩ cm]) 程度、海水では 0.1～10 [Ω m] (= 0.01～1 [kΩ cm]) [23] 等である。また、文献 [24] によると、皮膚を除いた人体内部の抵抗率は 0.8～20 [Ω m] (= 0.08～2 [kΩ cm]) 程度である。そこで人体の抵抗率を 1 [kΩ cm] 程度であると仮定すると、(人体の抵抗値) =  $1 \times 10^3 \text{ [}\Omega \text{ cm]} \times 165 \text{ [cm]} / (\pi \times \{(10.6)^2 \times 0.6\}) \doteq 779 \text{ [}\Omega\text{]}$



となり、文献 [22] の 500 [ $\Omega$ ] とほぼ同程度の値になる。以降、本稿では人体の抵抗値には文献 [22] に記載された値 (500 [ $\Omega$ ]) を利用することにする。

### 3.3.4 雷のエネルギー

次に雷のエネルギーを考える。ここでは文献 [3] の記述に従って考えていく。

まず日本国内における一回の雷の平均規模は約 30 [kA] 程度と言われている。また、雷の発生時の電位は、概ね  $10^8$  [V] (= 1 億 [V]) 程度とされている [3]。また、その継続時間はおおよそ 0.1 [msec] 程度である。従って、

$$\begin{aligned} (\text{雷のエネルギー}) &= 10^8 \text{ [V]} \times 30 \times 10^3 \text{ [A]} \times 0.1 \text{ [msec]} \\ &= 3 \times 10^8 \text{ [J]} (= 83 \text{ [kWh]}) \end{aligned}$$

となる。このエネルギー量は、身近な例で例えると概ね一般家庭が使用する一か月分の電気量に相当する。従って、落雷により大きなエネルギーが人体を通過していくことがわかる。

### 3.3.5 電氣的等価回路モデルとそのエネルギー

前節までの結果から、雷が人体に落ちた際の等価回路モデルを考える。雷はその発生メカニズムから 30 [kA] の電流を流す電流源と考え、雲から落雷点までの放電抵抗に人体抵抗が直列につながった図 7 に示す回路で表されると考える。ここで、 $R_L$  は雷放電路の抵抗値、 $R_h$  は人体の抵抗を表している。そこで人体に流れる電流により人体に加わるエネルギー  $Q_h$  を求めると

$$\begin{aligned} Q_h &= R_h \times I_L^2 \times \Delta t \\ &= 500 \text{ [\Omega]} \times (30 \times 10^3 \text{ [A]})^2 \times 0.1 \times 10^{-3} \text{ [sec]} \\ &= 4.5 \times 10^5 \times 10^6 \times 10^{-4} \text{ [Wsec]} \\ &= 4.5 \times 10^7 \text{ [J]} = 4.5 \times 10^4 \text{ [kJ]} \end{aligned}$$

となる。

### 3.3.6 熱に関する考察

3.3.2 節と 3.3.3 節の結果から、人体への落雷により  $4.5 \times 10^4$  [kJ] のエネルギーが流れることが計算により求められた。従って、図 6 に示す人体の円筒モデルを基に、このエネルギーが通過した際の温度上昇について考察してみよう。

水に  $Q_h = 4.5 \times 10^4$  [kJ] のエネルギーが加わった場合、その温度上昇  $\Delta T$  は、以下の式で与えられる。

$$\Delta T = Q_h / (\sigma m_h) \text{ [K]}$$

ここで、 $\Delta T$  は温度上昇 [K]、 $Q_h$  は加わったエネルギー [J]、 $\sigma$  は水の比熱 [K / (J · kg)]、 $m_h$  は重量である。水の比熱を 4.2 [kJ / (kg · K)] とすると、3.3.2 節で求めた人体の水分量 (= 35 [kg]) をこの式に代入すると

$$\begin{aligned} \Delta T &= 4.5 \times 10^4 \text{ [kJ]} \div (35 \text{ [kg]} \times 4.2 \text{ [kJ / (kg · K)]}) \\ &= 306 \text{ [K]} \end{aligned}$$

となる。すなわち、平均的な落雷電流が人体を流れることによって、306 [K] の温度上昇が

発生する可能性があることがわかる。

### 3.3.7 電気工学的視点からの考察

前節までの計算結果から、雷のエネルギーが人体に流れることにより、306 [K] の温度上昇が発生する可能性が確認された。先に述べたとおり人体の6割は水分であるため、雷電流により体温程度の水分の温度が急激に上昇することになる。水の急激な温度上昇は、突然の沸騰（突沸）や界面での水蒸気爆発を引き起こす。液体の水と気体の水の体積差はおよそ17000倍であるため、その際に水分が周辺に飛び散る、または急激な膨張が発生する、といった可能性が考えられる。

ここで、人体の構造について再度考えてみる。へそのある腹部には、胃、腸、肝臓などの臓器が腹腔内に収められているが、背骨以外の骨には覆われていない。そのため、急激な温度上昇により体内の水分が気化・膨張すると、その膨張圧に耐えられず腹部が破裂する可能性が考えられる。つまり、落雷を受けた人の身体から腹部が無くなる可能性が示唆される。従って、そのようなことが生じた震死の事例を目撃したいにしえの人々は、「雷によってへそを取られた」と考えたのではないかと考えられるのである。

## 4. 電気工学的な考察に対する文献調査

前章では、電気工学的な観点に立って、「雷様にへそを取られる」ことについて考察し、雷電流が身体を通過する際の温度上昇によって、腹部の水分が気化・膨張することによる破裂の可能性について述べた。そこで実際に落雷によって腹部が破裂した事例があるのかについて文献調査を実施した。まず、文献 [1] の中には、「雷による震死」という章があり、その中に、

『而して其震死せる状態に至ては實に千殊萬態。固より筆紙の能く盡すところにあらず。或は四支の離脱せるあり、あるいは皮肉の破裂せるあり、あるいは全身焦爛せるあり。……』

との記載がある。また、その事例として以下のような記述がある [1]。

『(雷水夫を二片に裁断す)

1863年8月1日商船アフリカン號へ落雷爲に水夫一人震死、其屍を見るに無残にも全く二片に裁断せられ二度と目の當てられざる有様なり』

……

(雷数馬の臟腑を露出せしむ)

『1765年4月28日ピカルデーのロミリーの近傍において馬四頭一所に震死せしことあり四頭とも何れも臟腑全く体外へ露出し居りたり』

これらの事例は、電気工学的に導いた結論とおなじ現象を表していると考えられる。しかし、これらの記述の元となった文献や記録は見つけられず、伝聞の域をでていないため科学的根拠としては希薄である。

次に、最近の雷による死因の調査研究の成果について調べてみると、文献 [25] では、落雷による死因の第一要因は、人体に電流が流れることによる心室細動や心停止であると述べており、かつ

『落雷直撃では大部分の電流は体表を這う沿面放電として流れ、衣服を裂き、体表に浅い熱傷を生じる。即死も起こるが、意識障害やショックを呈しても対症療法により重大な後遺症を残さず回復する場合もある。』

との記載がある。これを電気工学的に考えると、雷の電流は短時間のパルス状であり、その周波数は数 [MHz] の高周波の領域まで成分を持つスペクトルである。高周波の領域では、表皮効果により電流は導体の表面付近に集まって流れることから、上述のように体表表面において沿面放電しながら流れていく可能性がある。今回の検証では、直流での解析をしているためこの点は考慮されていない。高周波としての取り扱いについては、今後の課題としたい。また同時に、文献 [25] には下記のような記載もある。

『…直撃の場合、体内を電流が通過し、骨折・脳内出血・肺出血・実質臓器破裂を生じる。また、体表面で生じる沿面放電により体内の水分気化が生じ、爆傷と同様な損傷が体内で生じることもある…』

これは、体内に電流が流れた場合には、内臓や骨等がその影響でダメージを受けることを示唆している。この点については文献 [26] を含めた国内外の文献でも指摘されている。文献 [26] によれば、落雷で死亡した事例の調査では、“咯血”、“耳道からの出血”、“肝臓や脾臓の損傷”等があったことが述べられている。咯血の主な要因としては、肺の損傷が考えられ、耳道からの出血は、側頭部の骨折が考えられる、と記載されている。従って、明確な腹部の破裂の事例はないが、雷電流が人体内を流れることによって人体内部の臓器がダメージを受けると医学的に指摘されている、と考えられる。

## 5. まとめ

本稿では、雷にまつわる伝承について、民俗学的な観点からの民話や説話を紹介するとともに、これまでに科学的視点から説明されている事例について解説した。また「雷さまにへそを取られる」という伝承について、新たに電気工学的な視点から検証を行い、下記のような結論を得た。

- ①人体への直接の落雷は人体中の水分の急激な温度上昇を生じさせる可能性があることが示され、気化に伴う膨張が腹部の損傷/破裂を引き起こす可能性がある。そのような状況を見たいにしえの人々が「雷様にへそを取られる」と表現した、という可能性が考えられる。
- ②震死に対する文献調査の結果、古い文献 [1] の中に本稿の検証結果とおなじ現象が生じている可能性を示唆する記述があった。しかし、その根拠となる資料は確認できていない。
- ③最近の医学系の文献 [25-26] 調査では、落雷によって、肺や肝臓、脾臓等の内臓が損傷を受けることが示されている。またその要因の一つに水分の気化による爆傷の可能性が示唆されている。しかし、これまでのところ腹部の破裂についての記述は見いだせていない。
- ④一方で、死因の多くは電流による心室細動や心停止であること、また着衣の損傷等、皮膚表面付近での沿面放電を伴う事例が多いこと等も示されており、今回のような単純な交流回路モデルではなく、円筒形モデルに基づく高周波領域での解析・検証を行うことが必要である。

今後は、今回検討した人体モデルを用い、表皮効果等を考慮した高周波領域での解析やさらなる文献の調査を通して、伝承に対する科学的な検証を行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] 神田選吉, 「雷の話」, 電友社, 1894年
- [2] 乾昭文, “雷の不思議”, 八千代出版, 2015年
- [3] 新藤孝敏, “雷をひもとけば”, 電気学会, 2018年
- [4] 柏村裕司, “下野の雷さまをめぐる民俗”, 随想舎, 2021年
- [5] 宮南裕, “雷と植物（四）避雷の植物の事ども”, (社)大阪生活衛生協会, 家事と衛生, 12巻, 10号, pp.65-71, 1936年
- [6] 繁田信一, “王朝貴族のおまじない”, ビイング・ネット・プレス, 2008年
- [7] 寺島良案, “和漢三才図会”, 国立国会図書館アーカイブ, 1712年
- [8] 小林文明, “雷”, 成山堂書店, 2020年
- [9] 妹尾堅一郎監修, 雷研究会編, “おもしろサイエンス 雷の科学”, 日刊工業新聞社, 2008年
- [10] 新海勝良, “雷雨中の窒素化合物含有量の時間的変化とその成因”, 気象集誌, 第2輯, 28巻, 5号, pp.177-180, 1950年
- [11] 大屋敦, “空中窒素問題”, 電気學會雑誌, 33巻, 297号, pp.413-442, 1913年
- [12] 高木浩一, 猪原哲, “パルスパワー技術の農業・食品分野への応用”, 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門誌), 129巻, 7号, pp.439-445, 2009年
- [13] 金子周平, 山本理代, 中島康博, 實淵善康, “シイタケほだ木の電気刺激に関する研究”, 福岡県林業試験場時報, p.33, 1987年
- [14] 高木浩一, “高電圧・プラズマ技術の農業・食品分野への応用”, 伝熱 JJTJSJ, Vol.51, No.216, pp.64-69, Jul. 2012年
- [15] 高木浩一, 日下智博, 坂本祐一, 高橋久祐, 成松真樹, 長根健一, 山口諒, “食用きのこ増産用パルス高電圧発生装置の開発とその効果の検証”, 農業機械学会誌, No.74, vol.6, pp.483-489, 2012年
- [16] 小倉義光, “一般気象学 第2版増訂版”, 東京大学出版会, 2016年
- [17] “警察白書”統計資料（平成22年度まで）, 警視庁HP  
([https://www.npa.go.jp/publications/whitepaper/index\\_keisatsu.html](https://www.npa.go.jp/publications/whitepaper/index_keisatsu.html))
- [18] 横山茂, “実践的な人体への落雷防護方法 第1回 落雷事故の統計と事故のメカニズム”, 電気設備学会誌, IEIE Jpn, Vol.28, No.8, pp.585-588, Aug., 2008年
- [19] 「平成25年住宅・土地統計調査結果」, 総務省統計局  
(<https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2013/tyousake.html#1>)
- [20] 「人体寸法データベース 1991-92 寸法項目一覧」, 産業技術総合研究所 人工知能研究センター, (<https://www.airc.aist.go.jp/dhrt/91-92/data/list.html>)
- [21] 田中正敏, “水とヒト－生理的立場から－”, 人間と生活環境, Vol.6, No.2, pp85-91, 1999年
- [22] IEC TS 60479-1, “Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General

aspects”, 2005年

- [23] 平川廣満, 朝照雄, 南竹力, 武石泰亮, “海水の抵抗率測定”, 鹿児島大学工学部研究報告, 第20号, pp.97-100, 1978年
- [24] 田中隆二, 市川健二, 電撃危険性と危険限界, 産業安全研究所安全資料, p.17, 1970
- [25] 柳川洋一, 射場敏明, “雷撃症”, 順天堂医学, Vol.57, No.4, pp.395-402, 2011年
- [26] 例えば, Ohashi M, Hosoda Y, Fujishiro Y, et al, "Lightning injury as a blast injury of skull, brain, and visceral lesions : clinical and experimental evidences", Keio J Med, Vol.50, pp.257-262, 2001年