

令和 4 年 4 月 12 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04113

研究課題名（和文）航空機用炭素繊維強化プラスチックの雷電磁環境解析法の開発と耐雷設計法の立案

研究課題名（英文）Development of a lightning electromagnetic analysis method for CFRP for airplanes and the proposal of lightning protection design of airplanes

研究代表者

馬場 吉弘（Baba, Yoshjihiro）

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：70319466

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：航空機体に用いられている炭素繊維強化プラスチック（CFRP）積層板は、繊維方向とその直交方向の導電率が著しく異なる非常に薄い層が、繊維方向を変えて数十層も重ねられている。本研究では、時間領域有限差分（Finite-difference time-domain, FDTD）法に、導電率テンソルを導入することで、通常の立方体あるいは直方体セルを用いた解析においても、異方性をもつ層構造のCFRP機体をモデル化する手法を作成し、さらに熱方程式も導入することで、電磁界と熱の連成解析を行えるようにプログラムを高度化した。関連した研究成果は、国内外の論文誌に複数の雑誌論文として掲載された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CFRP積層板を用いた航空機に雷撃が生じた場合、金属に比べて導電率が低いことに起因して、発生熱も高まり、さらに、機内に侵入する雷電磁界の振幅も大きくなると考えられている。燃料タンク近傍での高電界や高温の発生は、爆発に繋がる危険性があるため、耐雷対策が不可欠である。しかし、このような非常に薄くて異方性をもつ層構造のCFRP機体の耐雷設計は手探りの状態で、未だ確立されるには至っていなかった。本研究では、雷撃を受けたCFRP機体内の雷電流分布、各部の発生電界と発生熱の連成シミュレーション法とモデルの開発を行い、より効率的なCFRP航空機の耐雷対策の立案を行うことが可能となった。

研究成果の概要（英文）：Carbon-fiber-reinforced-plastic (CFRP) panels used for airplanes are composed of many thin layers, the conductivity of each layer varies significantly dependent on the fiber direction. In this research work, a new method based on the finite-difference time-domain (FDTD) method, which includes the conductivity tensile matrix and the computation procedure of generated heat, has been developed. The developed method has been applied to analyses of a CFRP panel struck by lightning and other electric facilities. The representative results have been published in international and domestic journals as papers or short papers.

研究分野：電力工学

キーワード：雷 炭素繊維強化プラスチック 耐雷 電磁環境 連成解析

1. 研究開始当初の背景

炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP) は強化材に炭素繊維を用いた繊維強化プラスチックである。CFRP の比重は鉄の約 4 分の 1, 比強度は鉄の約 10 倍以上であり, 軽さと高い強度を併せもつため, 燃費軽減および CO₂ 削減を目的として, 最近では航空機体にも適用されている。航空機体に用いられているものは, さらなる高強度化のため, 繊維方向の異なる層が重ねられている。このような CFRP 積層板は, 繊維方向とその直交方向の導電率が著しく異なり (繊維方向の導電率は比較的高く, それ以外の方向の導電率は低い), また, 異なる繊維方向 (45, 90, -45, 0 度) を有する非常に薄い層 (約 0.2 mm) が数十層も重ねられているという特徴がある。最新の旅客機では, 機体や翼の 50% 以上 (重量比で) に CFRP が用いられている (炭素繊維協会 <http://www.carbonfiber.gr.jp/>)。

旅客機は, 一機当たり年平均 1 回の雷撃を受けている (V. A. Rakov, and M. A. Uman, Lightning, Cambridge University Press, 2003)。これまでの金属機体は, 導電性が高く, また, 電磁界の遮へい特性が高いため, 雷撃を受けても, 雷電流は機体表面を通過するのみで, 燃料タンクが格納された主翼内部で高電界や高温が発生したり, 振幅の大きい雷電磁界パルスが機内に侵入することはほとんどない。このため, 落雷による金属機体の旅客機の事故もほぼ皆無である。

一方, CFRP 機体では, 繊維方向とその直交方向の導電率が著しく異なる薄い層が, 繊維方向を変えて数十層も重ねられている。このため, CFRP 積層板を用いた航空機に雷撃が生じた場合, 金属機体に比べて, 雷電流分布が複雑になり, 局所的に高い電界が発生する可能性がある。また, 金属に比べて導電率が低いことに起因して, 発生熱も高まり, さらに, 機内に侵入する雷電磁界パルスの振幅も大きくなると考えられる。燃料タンク近傍での高電界や高温の発生は, 爆発に繋がる危険性があるため, 耐雷対策が不可欠である。これらの対策として, 薄い金属板や金属メッシュが, 部分的に CFRP パネル表面に貼り付けられており, 機体軽量化の足枷となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は, 雷撃を受けた CFRP 機体内の雷電流分布, 各部の発生電界, 発生熱のシミュレーション法を開発し, また解析モデルを確立し, さらに, それらを用いた解析結果に基づいて, CFRP 機体の耐雷設計法の立案を行うことである。

3. 研究の方法

CFRP 積層板は, 繊維方向とその直交方向の導電率が著しく異なり (繊維方向の導電率は比較的高く, それ以外の方向の導電率は低い), また, 異なる繊維方向 (45, 90, -45, 0 度) を有する非常に薄い層 (約 0.2 mm) が重ねられているという特徴がある。しかし, このような薄くて異方性をもつ層構造の CFRP 機体の耐雷設計は手探りの状態で, 未だ確立されるには至っていない。本研究では, 直方体セルを用いる時間領域有限差分 (Finite-difference time-domain, FDTD) 法に導電率テンソルを導入し, 異なる繊維方向を有する層構造を模擬する。さらに, CFRP 積層板の雷磁界・熱練成解析を実現するため, 発生熱と熱伝達の計算アルゴリズムを開発し追加する。開発した連成解析法の妥当性は, CFRP 積層板に雷インパルス電流を流入させた場合の電流密度分布およびサーモカメラによる熱分布の実測結果との比較を行うことで検証する。

4. 研究成果

図 1 に解析モデルの 3 次元配置図と平面図を示す。CFRP パネル部分は, セルサイズ 3 mm × 3 mm × 0.2 mm の直方体セルで均質に分割した。一方, 高さ (厚み) 方向に関しては, CFRP 部分以外の空間部分は, 計算時間およびメモリ容量削減のため最大 3 mm 厚までのセルを用いて不等間隔分割した。CFRP パネルは 16 層で, その積層構造は [45°/90°/-45°/0°] である。電流は, 電流源により, 左端からリード線を介して CFRP パネルに流入させ, 右端からリード線を介して流出させた。電流流入および流出部では, リード線を下面から厚み方向に貫通させている。入力電流の波高値は 3 kA, 波頭長は 6.4 μs である。

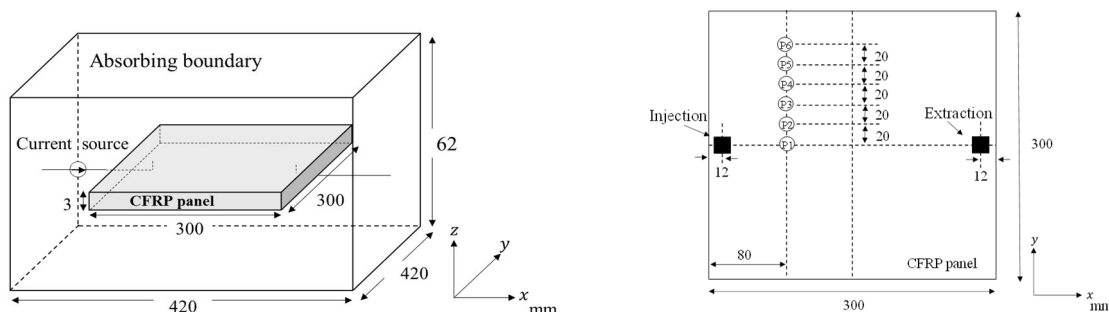


図 1 16 層構造 CFRP パネル (300 mm × 300 mm × 3 mm) 解析モデルの 3 次元配置図と平面図

図2にCFRP表面の点P1, P3およびP6における磁界の計算波形と対応する実測波形を示す。磁界ピーク値の実測と計算の相違は、最大で10%程度であり、開発プログラムの精度は実用上十分である。

図3に、CFRP表面の温度分布の計算結果と対応する実測結果を示す。温度分布の計算結果からも、45度、90度、-45度および0度の異方性（繊維方向）が適切に表現できていることが確認される。計算による温度上昇値は約4Kであるのに対し、実測では約5Kとなっており、比較的良好に一致している。

以上のことから、導電率テンソルを用いたFDTD解析に熱計算ルーチンを追加した、CFRPの電磁界と熱の連成解析プログラムは妥当な結果を出力し、CFRP機体の耐雷解析に有用であることが示された。

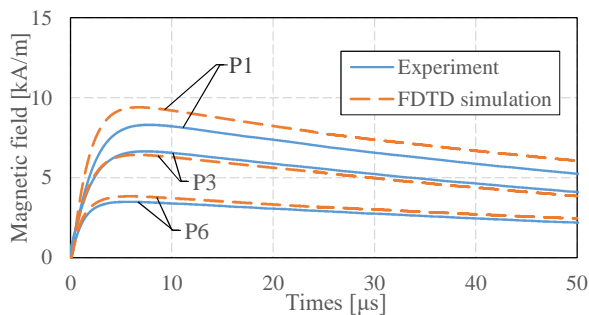


図2 CFRP表面上の点P1, P3およびP6における磁界の計算波形と実測波形

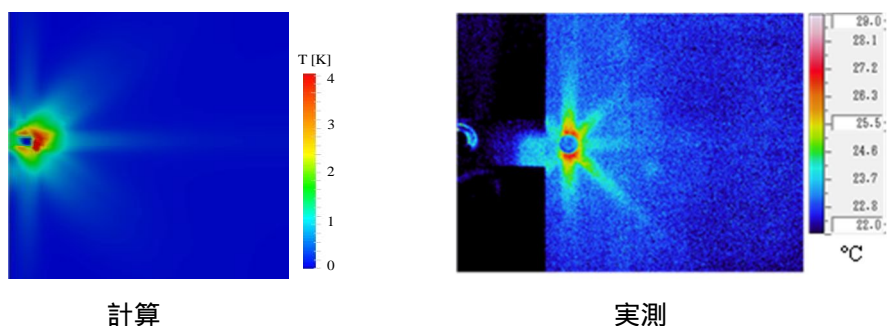


図3 CFRP表面温度分布の計算結果と実測結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Rizk Mohammad E. M., Lehtonen Matti, Baba Yoshihiro, Ghanem Abdelhady	4. 巻 62
2. 論文標題 Protection Against Lightning-Induced Voltages: Transient Model for Points of Discontinuity on Multiconductor Overhead Line	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 1209 ~ 1218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2019.2940535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yamanaka Akifumi, Nagaoka Naoto, Baba Yoshihiro	4. 巻 35
2. 論文標題 Circuit Model of Vertical Double-Circuit Transmission Tower and Line for Lightning Surge Analysis Considering TEM-mode Formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Power Delivery	6. 最初と最後の頁 2471 ~ 2480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPWRD.2020.2969478	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsuge Ryosuke, Baba Yoshihiro, Kawamura Hironao, Itamoto Naoki	4. 巻 62
2. 論文標題 Finite-Difference Time-Domain Simulation of a Lightning-Impulse-Applied ZnO Element	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 1780 ~ 1786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2019.2944390	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsuge Ryosuke, Baba Yoshihiro, Kudo Takeshi	4. 巻 15
2. 論文標題 Development of Enhanced Lightning Protection System for a Wireless Base Station and its Performance Evaluation Using the FDTD Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1622 ~ 1629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ametani Akihiro, Triruttanapiruk Nawakun, Yamamoto Kazuo, Baba Yoshihiro, Rachidi Farhad	4. 巻 62
2. 論文標題 Impedance and Admittance Formulas for a Multistair Model of Transmission Towers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 2491 ~ 2502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2020.2976644	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Okada Takuro, Baba Yoshihiro, Tran Thang Huu, Rakov Vladimir A.	4. 巻 63
2. 論文標題 On Possible Influence of Corona Discharge on the Propagation Speed of Lightning Surges Along a Tall Grounded Object	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 172 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2020.2995311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamanaka Akifumi, Nagaoka Naoto, Baba Yoshihiro, Motoyama Hideki, Ueda Toshiaki	4. 巻 141
2. 論文標題 Lightning Surge Response of a Transmission Tower with Overhead Lines Analyzed by TEM-delay Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 145 ~ 153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.141.145	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Baba Yoshihiro	4. 巻 141
2. 論文標題 FDTD Simulation of Lightning-induced Surges	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 217 ~ 228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.141.217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Tokuya, Tsuge Ryosuke, Baba Yoshihiro, Tsujimoto Yoshimasa, Tsukamoto Naoyuki	4. 巻 62
2. 論文標題 Approximate Mathematical Expressions for Nonlinear Resistive Properties of Zinc Oxide Elements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 2338 ~ 2340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2019.2951154	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Tokuya, Tsuge Ryosuke, Baba Yoshihiro, Tsujimoto Yoshimasa, Tsukamoto Naoyuki	4. 巻 62
2. 論文標題 An Approximate Mathematical Expression for Nonlinear Resistive Properties of Metal Oxide Varistor Elements for FDTD Simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 2638 ~ 2642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2020.2983200	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rizk Mohammad E. M., Lehtonen Matti, Baba Yoshihiro, Abulanwar Sayed	4. 巻 61
2. 論文標題 Performance of Large-Scale Grounding Systems in Thermal Power Plants Against Lightning Strikes to Nearby Transmission Towers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 400 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2018.2831700	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Arzag Kaddour, Azzouz Zin-Eddine, Baba Yoshihiro, Ghemri Boualem	4. 巻 61
2. 論文標題 3-D FDTD Computation of Electromagnetic Fields Associated With Lightning Strikes to a Tower Climbed on a Trapezoidal Mountain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 606 ~ 616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2019.2895689	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamanaka Akifumi, Nagaoka Naoto, Baba Yoshihiro, Saito Mikihisa, Miki Toru	4. 巻 61
2. 論文標題 Lightning Strike to a Tall Grounded Object: Part 1. Circuit Modeling With Direction Dependence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 727 ~ 735
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2019.2915219	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamanaka Akifumi, Nagaoka Naoto, Baba Yoshihiro, Saito Mikihisa, Miki Toru	4. 巻 61
2. 論文標題 Lightning Strike to a Tall-Grounded Object: Part 2?LEMP Calculation With a Channel Approximation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 736 ~ 744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2019.2911532	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A. Yamanaka, N. Nagaoka, Y. Baba, and M. Saito	4. 巻 14
2. 論文標題 Effect of earth surface on lightning electromagnetic pulse propagation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CIGRE Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 111-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Fan, Tanaka Hiroki, Baba Yoshihiro, Nagaoka Naoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Soil ionization effects on surge characteristics of grounding electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1609 ~ 1616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.22982	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueno Koki, Miki Nozomu, Baba Yoshihiro, Nagaoka Naoto, Tsubata Hiroyuki, Nishi Takayuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Electromagnetic and thermal analysis of a multilayer CFRP panel struck by lightning with the FDTD method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 157 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto Junya, Baba Yoshihiro, Tran Thang Huu, Rakov Vladimir A.	4. 巻 15
2. 論文標題 Simulation of the propagation of lightning electromagnetic pulses in the Earth?ionosphere waveguide using the fdtd method in the 2 D spherical coordinate system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 335 ~ 339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 T. H. Thang, Y. Baba, N. Itamoto, and V. A. Rakov	4. 巻 159
2. 論文標題 FDTD simulation of back-flashover at the transmission-line tower struck by lightning considering ground-wire corona and operating voltages	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electric Power Systems Research	6. 最初と最後の頁 17-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsr.2017.08.021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Xue, A.Ametani, J. Mahseredjian, Y. Baba, F. Rachidi, and I. Kocar	4. 巻 60
2. 論文標題 Transient responses of overhead cables due to mode transition in high frequencies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 785-794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2017.2737439	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 梅田晃央, 上野航暉, 馬場吉弘, 津端裕之, 西孝裕樹, 佐藤保宜	4. 巻 138
2. 論文標題 CFRPパネルの実寸モデルにおける雷電流および端部電界のFDTD解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 622-627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.138.622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Tanaka, Y. Baba, C. F. Barbosa, T. Tsuboi, and S. Okabe	4. 巻 33
2. 論文標題 Protective effect of shield wires against direct lightning flashes to buried cables	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Power Delivery	6. 最初と最後の頁 1628-1635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPWRD.2017.2746100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Araki, Y. Nasu, Y. Baba, V. A. Rakov, M. Saito, and T. Miki	4. 巻 45
2. 論文標題 3-D finite difference time domain simulation of lightning strikes to the 634-m Tokyo Skytree	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 9267-9274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL078214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Xue, A. Ametani, J. Mahseredjian, Y. Baba, and F. Rachidi	4. 巻 60
2. 論文標題 Frequency response of electric and magnetic fields of overhead conductors with particular reference to axial electric field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 2029-2032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2017.2763952	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 17件）

1. 発表者名 長谷川航大, 三木望夢, 馬場吉弘, 長岡直人, 津端裕之, 西孝祐樹
2. 発表標題 導電率テンソルを適用したFDTD法によるCFRPパネルの雷電流分布解析
3. 学会等名 令和2年電気学会B部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三木望夢, 馬場吉弘, 津端裕之, 西孝祐樹, 岡田孝雄, 宮木博光
2. 発表標題 FDTD法を用いた雷雲下における航空機の電界解析
3. 学会等名 電気学会誘電・絶縁材料/放電・プラズマ・パルスパワー/高電圧合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Baba
2. 発表標題 Electromagnetic computation methods for LEMP studies
3. 学会等名 The 11th Asia-Pacific International Conference on Lightning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Baba, and A. Tatematsu
2. 発表標題 Electromagnetic computation methods for lightning surge studies with emphasis on the FDTD method
3. 学会等名 CIGRE ICLPS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 F. Zhang, Y. Baba, and N. Nagaoka
2 . 発表標題 Reproduction of measured high-current surge characteristics of grounding electrodes with the finite difference time domain method
3 . 学会等名 CIGRE-IEC 2019 Conference on EHV and UHV (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Nasu, M. Fukuyama, Y. Baba, T. Tsuboi, and S. Okabe
2 . 発表標題 FDTD simulation of electromagnetic fields associated with lightning to a transmission line
3 . 学会等名 CIGRE-IEC 2019 Conference on EHV and UHV (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Tsuge, H. Saito, Y. Baba, H. Kawamura, and N. Itamoto
2 . 発表標題 Transient electromagnetic and thermal analysis of a lightning-impulse-applied transmission line surge arrester using the FDTD method
3 . 学会等名 CIGRE-IEC 2019 Conference on EHV and UHV (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Yamanaka, N. Nagaoka, Y. Baba, and M. Saito
2 . 発表標題 Effect of earth surface on lightning electromagnetic pulse propagation
3 . 学会等名 CIGRE-IEC 2019 Conference on EHV and UHV (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Okada, Y. Baba, T. H. Tran, and V. A. Rakov
2. 発表標題 Influence of corona discharge on the propagation speed of lightning surge along a tall tower
3. 学会等名 11th Asia-Pacific International Conference on Lightning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Tsuge, H. Saito, Y. Baba, H. Kawamura, and N. Itamoto
2. 発表標題 Finite-difference time-domain analysis of a lightning-impulse-applied ZnO element
3. 学会等名 11th Asia-Pacific International Conference on Lightning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野航暉, 三木望夢, 馬場吉弘, 長岡直人, 津端裕之, 西孝祐樹
2. 発表標題 雷撃を受けた多層 CFRP パネルの電磁界と熱の FDTD 解析
3. 学会等名 令和元年電気学会B大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Baba
2. 発表標題 Applications of the FDTD Method to Lightning Electromagnetic Pulse and Surge Simulations
3. 学会等名 The 11th International Workshop on High Voltage Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. H. Tran, Y. Baba, V. Somu, and V. A. Rakov
2 . 発表標題 Modeling of LEMP propagation in the lossy atmosphere
3 . 学会等名 Joint IEEE International Symposium on EMC and Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Ueno, T. Umeda, Y. Baba, H. Tsubata, T. Nishi, and Y. Sato
2 . 発表標題 FDTD computation of lightning currents in a multilayer CFRP panel with a conductivity matrix approach
3 . 学会等名 Joint IEEE International Symposium on EMC and Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. H. Tran, Y. Baba, and V. A. Rakov
2 . 発表標題 A study of earth's curvature effect on LEMP propagation over distances ranging from 100 to 1000 km
3 . 学会等名 XVI International Conference on Atmospheric Electricity (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Okabe, J. Takami, T. Kobayashi, M. Umeda, E. Zaima, and Y. Baba
2 . 発表標題 Evaluation of insulation coordination of substations by advanced approaches
3 . 学会等名 2018 CIGRE Paris Session (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 P. Yutthagowith, T. H. Tran, A. Ametani, Y. Baba, and V. A. Rakov
2 . 発表標題 Application of a simplified corona discharge model to a lightning surge simulation with the PEEC method
3 . 学会等名 34th International Conference on Lightning Protection (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Tsujimoto, N. Tsukamoto, R. Tsuge, and Y. Baba
2 . 発表標題 Surge withstand capability of parallel-connected metal oxide varistors
3 . 学会等名 34th International Conference on Lightning Protection (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Tsuge, Y. Baba, Y. Tsujimoto, and N. Tsukamoto
2 . 発表標題 FDTD computation of electric field of a three-parallel-element ZnO varistor
3 . 学会等名 The 11th International Workshop on High Voltage Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 J. Yamamoto, Y. Baba, T. H. Tran, and V. A. Rakov
2 . 発表標題 Simulation of LEMP propagation in the Earth-ionosphere waveguide using the FDTD method in the 2-D spherical coordinate system
3 . 学会等名 The 11th International Workshop on High Voltage Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Y. Baba, and V. A. Rakov	4. 発行年 2020年
2. 出版社 IET	5. 総ページ数 280
3. 書名 Lightning-Induced Effects in Electrical and Telecommunication Systems	

〔産業財産権〕

〔その他〕

同志社大学研究者データベース 馬場吉弘 https://kendb.doshisha.ac.jp/profile/ja.16417ddd69fcf875.html
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------