

平成 30 年 6 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：2015～2017

課題番号：15K05961

研究課題名(和文)ビル屋上の太陽光発電設備の耐雷対策技術の構築

研究課題名(英文)A study of lightning protection of photovoltaic power generation systems on building tops

研究代表者

馬場 吉弘 (BABA, YOSHIHIRO)

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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：雷撃を受けた太陽光発電設備等の電気設備に生じる過電圧の解析を電磁界計算法の一つである時間領域有限差分法(FDTD法)を用いて行うために必要な、コロナ放電、任意半径の細線導体、高精度吸収境界条件などのモデル群を開発し、それらの妥当性を検証した。さらに、これらのモデル群を自作したFDTD計算プログラムに組み込み、それを用いた数値シミュレーションにより、設備内の過電圧発生メカニズムを明らかにし、雷過電圧の抑制策を提案した。

研究成果の概要(英文)：For analyzing transient voltages generated in an electric power facility such as a photovoltaic power generation system struck by lightning with the finite-difference time-domain (FDTD) method, several models such as a corona-discharge model, an arbitrary-radius thin-wire model, and a high-performance absorbing boundary condition have been proposed, and their validities have been shown. Then, these models have been incorporated in the FDTD-simulation program developed by the author. Mechanisms on how overvoltages are generated have been studied with the FDTD program, and a countermeasure to reduce the lightning-caused overvoltage peaks has been proposed.

研究分野：工学(環境電磁工学)

キーワード：雷 太陽光発電 電磁界解析 電気エネルギー 過渡現象

### 1. 研究開始当初の背景

太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー利用が世界各国で導入され、それらによる発電量も年々増加している。そして、出力が天候に依存するこれらのエネルギー源を、電力システムの安定度を保ちつつ効率的に利用するためのスマートグリッドが構築されつつある。ヨーロッパのスマートグリッド構築への動きは、2000年初頭から風力発電が大量に導入され始めたことが契機であり、2006年のヨーロッパ広域大停電により加速している。アメリカでは、2001年のカリフォルニア電力危機や2003年の北米大停電などを契機として分散型電源の導入が始まり、2009年にはオバマ大統領によって、再生可能エネルギーの電力比率を2025年までに25%に高めることなどが打ち出されている。国内では、2008年の福田ビジョン発表により、2030年までに太陽光発電を5300万kW(現状の約40倍)、風力発電を660万kW導入することが目標となっている。このことから明らかなように、日本型スマートグリッドの中心には太陽光発電が置かれている。太陽光発電設備の設置形態としては、広大な敷地に多数の太陽光パネルをまとめて設置し、1000kW以上を出力できるいわゆるメガソーラーとビルの屋上や家屋の屋根に設置される小規模なものに分けられる。国内において、メガソーラーはこれまでに10か所以上に設置されており、さらに増やす計画もあるが、全体に対する割合は大きくはない。福田ビジョンが目標とする5300万kWのほとんどはビルの屋上や家屋の屋根に設置されるものの寄与によると予想されている。設備が高い位置にあればあるほど雷を受けやすいため、大地に置かれることが多いメガソーラーや比較的低い家屋の屋根に設置される太陽光発電システムよりも、ビル屋上に設置される太陽光発電システムの方が雷の被害を受けやすく、そのような被害例も報告されている。

これから増えていくビル屋上の太陽光発電設備の耐雷対策を構築していくことが非常に重要であるが、それらについて適切に検討された文献は国内外においてほとんど存在していない。以上のことから、本研究は、実際に役立つ成果を提供できる可能性があるだけでなく、学術的に先駆的でもであると判断される。

### 2. 研究の目的

2030年までに太陽光発電を5300万kW導入することが日本の国家目標となっており、今後、多数のビルの屋上に太陽光発電設備が設置されていくものと予想される。設備が高い位置にあればあるほど雷を受けやすいため、ビル屋上に設置される太陽光発電設備は雷被害をより受けやすい。しかも、太陽光発電設備の動作電圧は低く、過電圧に対して脆弱である。本研究では、種々のモデルを開発し、それらを用いて雷撃を受けたビル屋上の

太陽光発電設備に生じる過電圧について検討を行い、得られた結果に基づき太陽光発電設備の耐雷対策技術を構築することが目的である。

### 3. 研究の方法

実際にビル屋上に設置されている太陽光発電システムに即したシミュレーションを、電磁界の時間領域差分法(FDTD法)を用いて行うために必要な下記のモデル開発および数値シミュレーションを行う。

- ・FDTD法に基づく電磁界計算シミュレーションプログラムの開発
- ・太陽光発電パネル・パワーコンディショナーの解析モデルの開発
- ・雷電流がリード導体上を伝搬する際に生じるコロナ放電のモデル開発
- ・設備の細部構造を模擬するための高精度かつ高安定の領域分割法および細線導体模擬法の開発
- ・計算負荷を低減させるために必要な高性能吸収境界条件の開発
- ・開発プログラムおよびモデルを用いた、雷撃を受けた太陽光発電システム等の電気設備の過渡電磁界解析と雷過電圧の発生メカニズムの解明
- ・太陽光発電システム等の電気設備の耐雷対策の検討

### 4. 研究成果

主な研究成果を以下に列挙する。

- (1) 雷電流がリード線上を伝搬する際に生じるコロナ放電のモデルを開発した。さらに、このモデルを用いて、雷撃を受けた架空線の雷過電圧解析を行い、コロナ放電により、発生過電圧が抑制されることを示した(関連発表文献: 雑誌論文③, ⑥)。
- (2) 領域分割に基づくFDTD解析は、微細構造や細線導体を有する系が対象の場合、小さなセルで三次元領域を表現する必要があり、計算機メモリや計算時間が増大するという問題がある。任意の半径を有する細線導体を、高精度かつ簡易に表現できるモデルを開発し、その妥当性を実証した(関連発表文献: 雑誌論文④, ⑦)。
- (3) FDTD法により開空間の解析を行う場合には、解析対象を含む空間を反射波を生じ難い人工的な境界面(壁)で囲む必要がある。この境界条件を吸収境界条件という。移流方程式に基づく新しい吸収境界条件を着想し、高精度化と高安定化について検討を行った(関連発表文献: 雑誌論文⑤)。
- (4) 開発したFDTD計算プログラムおよびモデルを用いて、雷撃を受けた電気設備の過渡電磁界解析を行った。埋設された電力供給線や通信線に発生する雷過電圧や誘導電流は、細い裸導線を埋設電力線や通信線と数十cmの間隔を空けて平行に埋設することで大幅に抑制できることを示した。(関連発表文献: 雑誌論文 )

(5) 電気設備に繋がる送電線や配電線に生じる直撃雷過電圧および誘導雷過電圧雷撃の解析を行った。変圧器の存在が発生過電圧に与える影響と避雷器の過電圧抑制効果を明らかにした。(関連発表論文:雑誌論文, ⑳, ㉑)。

(6) FDTD法と同じ差分法に分類される新しい数値計算手法の一つとして, CIP (Cubic-Interpolated Pseudo-particle)法がある。この手法は, 解析空間各点の電界値, 磁界値だけでなく, それらの空間微分値情報も考慮することにより, 差分近似誤差を小さくできる。このため, 流体力学分野においては, 広く用いられている。この手法に基づき, 電磁界解析プログラムを開発し, その妥当性を厳密解による計算波形等との比較により実証した。CIP法が実用的な雷電磁界パルスに適用されたのはこれが最初であり, 国内外の関連分野へのインパクトは大きい(関連発表文献:雑誌論文)。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計29件)

H. Xue, A. Ametani, J. Mahseredjian, Y. Baba, F. Rachidi, and I. Kocar, "Transient responses of overhead cables due to mode transition in high frequencies," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 60, no. 3, pp. 785-794, DOI: 10.1109/TEMC.2017.2737439 (2018-6) 査読有

H. Tanaka, Y. Baba, C. F. Barbosa, T. Tsuboi, and S. Okabe, "Protective effect of shield wires against direct lightning flashes to buried cables," IEEE Trans. Power Delivery, DOI: 10.1109/TPWRD.2017.2746100 (掲載決定) 査読有

T. H. Thang, Y. Baba, N. Itamoto, and V. A. Rakov, "FDTD simulation of back-flashover at the transmission-line tower struck by lightning considering ground-wire corona and operating voltages," Electric Power Systems Research, vol. 159, pp. 17-23, DOI:10.1016/j.epsr.2017.08.021 (2018-6) 査読有

T. H. Thang, Y. Baba, V. B. Somu, and V. A. Rakov, "FDTD modeling of LEMP propagation in the earth-ionosphere waveguide with emphasis on realistic representation of lightning source," J. Geophys. Res., DOI:10.1002/2017JD027305 (2017-12) 査読有

S. Kobayashi, Y. Tanaka, Y. Baba, T. Tsuboi, and S. Okabe, "Computation of lightning electromagnetic pulses using a hybrid constrained interpolation profile and transmission line modeling method," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 59, no. 6, pp. 1958 - 1966, DOI: 10.1109/TEMC.2017.2695667 (2017-12) 査読有

T. Asada, Y. Baba, N. Nagaoka, A. Ametani, J.

Mahseredjian, K. Yamamoto, "A study on basic characteristics of the proximity effect on conductors," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 32, no. 4, pp. 1790-1799, DOI: 10.1109/TPWRD.2016.2590962 (2017-8) 査読有

S. Miyamoto, Y. Baba, N. Nagaoka, and K. Yamamoto, "Effective length of vertical grounding wires connected to wind turbine foundation," J. International Council on Electrical Engineering, vol. 7, no. 1, pp. 89-95, DOI:10.1080/22348972.2017.1324272 (2017-5) 査読有

塚本直之, 今任俊介, 馬場吉弘, 石井勝, 「酸化亜鉛 (ZnO) バリスタ素子内雷インパルス電流分布の FDTD 解析」, 電気学会論文誌 B, vol. 136, no. 11, pp. 839-845, DOI:10.1541/ieejpes.136.839 (2016-11) 査読有

M. Nakagawa, Y. Baba, H. Tsubata, T. Nishi, and H. Fujisawa, "FDTD simulation of lightning current in a CFRP panel: Comparison of the use of conductivity matrix approach with that of triangular prism cells," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 58, no. 5, pp. 1674-1677, DOI: 10.1109/TEMC.2016.2562119 (2016-10) 査読有

S. Kobayashi, Y. Suzuki, and Y. Baba, "Lightning electromagnetic field simulation using the constrained interpolation profile method with a subgridding technique," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 58, no. 5, pp. 1682-1685, DOI: 10.1109/TEMC.2016.2575079 (2016-10) 査読有

Y. Suzuki, S. Araki, Y. Baba, T. Tsuboi, S. Okabe, and V. A. Rakov, "An FDTD study of errors in magnetic direction finding of lightning due to the presence of conducting structure near the field measuring station," Atmosphere, vol. 7, no. 92, 13 pages, DOI:10.3390/atmos7070092 (2016-7) 査読有

A. Ametani, I. Lafaia, Y. Miyamoto, T. Asada, Y. Baba, and N. Nagaoka, "High-frequency wave-propagation along overhead conductors by transmission line approach and numerical electromagnetic analysis," Electric Power Systems Research, vol. 136, pp. 12-20, DOI:10.1016/j.epsr.2016.02.013 (2016-7) 査読有

T. Asada, A. Ametani, Y. Baba, and N. Nagaoka, "A study of transient responses on nonuniform conductors by FDTD simulations," IEEE Trans. Electrical and Electronic Engineering, DOI:10.1002/tee.22260 vol. 11, pp. 435-441 (2016-7) 査読有

H. Tanaka, Y. Baba, and C. F. Barbosa, "Effect of shield wires on the lightning-induced currents on buried cables," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 58, no. 3, pp. 738-746, DOI: 10.1109/TEMC.2016.2523522 (2016-6) 査読有

S. Imato, Y. Baba, N. Nagaoka, and N. Itamoto, " FDTD analysis of the electric field of a substation arrester under a lightning overvoltage," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 58, no. 2, pp. 615-618, DOI: 10.1109/TEMC.2016.2523547 (2016-4) 査読有

H. Tanaka, D. Tanahashi, Y. Baba, N. Nagaoka, N. Okada, H. Ohki, and M. Takeuchi, " Finite-difference time-domain simulation of partial discharges in a gas insulated switchgear," IET High Voltage, vol. 1, no. 1, pp. 52-56, DOI: 10.1049/hve.2016.0006 (2016-4) 査読有

M. Nakagawa, Y. Baba, H. Tsubata, T. Nishi, and H. Fujisawa, "FDTD simulation of lightning current in a multilayer CFRP panel with triangular-prism cells," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 58, no. 1, pp. 327-330, DOI: 10.1109/TEMC.2015.2496378 (2016-2) 査読有

A. Ametani, I. Lafaia, Y. Miyamoto, T. Asada, Y. Baba, and N. Nagaoka, "High-frequency wave-propagation along overhead conductors by transmission line approach and numerical electromagnetic analysis," Electric Power Systems Research, vol. 136, pp. 12-20, DOI:10.1016/j.epsr.2016.02.013 (2016-2) 査読有

T. H. Thang, Y. Baba, V. A. Rakov, and A. Piantini, " FDTD simulation of lightning-induced voltages in the presence of nearby buildings," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 57, no. 6, pp. 1601-1607, DOI: 10.1109/TEMC.2015.2457951 (2015-12) 査読有

D. Tanahashi, Y. Baba, N. Nagaoka, N. Okada, H. Ohki, and M. Takeuchi, "Estimation of partial-discharge currents in a GIS using the FDTD method," 電気学会論文誌 B, vol. 135, no. 11, pp.656-660, DOI:10.1541/ieejpes.135.656 (2015-11) 査読有

㉑ T. Asada, Y. Baba, N. Nagaoka, and A. Ametani, "Representation of a straight thin wire in a lossy medium and an oblique thin wire in air for FDTD simulations," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility vol. 57, no. 5, pp. 1164-1167, DOI: 10.1109/TEMC.2015.2424976 (2015-10) 査読有

㉒ M. Aoki, Y. Baba, and V. A. Rakov, "FDTD simulation of LEMP propagation over lossy ground," J. Geophys. Res., vol. 120, doi:10.1002/2015JD023245, 9 pages, DOI:10.1002/2015JD023245 (2015-8) 査読有

㉓ Y. Miyamoto, Y. Baba, N. Nagaoka, and A. Ametani, "Numerical electromagnetic field analysis of high frequency wave propagation on an overhead conductor," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 57, no. 3, pp. 587-590, DOI:10.1109/TEMC.2015.2402658 (2015-6) 査読有

㉔ T. Asada, Y. Baba, N. Nagaoka, and A.

Ametani, "An improved thin wire representation for FDTD transient simulations," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 57, no. 3, pp. 484-487, DOI: 10.1109/TEMC.2014.2380815 (2015-6) 査読有

㉕ 麻田敬, 馬場吉弘, 長岡直人, 雨谷昭弘, 「FDTD 法によるサージ解析のための吸収境界条件の検討」, 電気学会論文誌 B, vol. 135, no. 6, pp. 408-416, DOI: 10.1541/ieejpes.135.408 (2015-6) 査読有

㉖ T. H. Thang, Y. Baba, N. Nagaoka, A. Ametani, N. Itamoto, and V. A. Rakov, "FDTD simulation of direct lightning strike to a phase conductor: Influence of corona on transient voltages at the tower," Electric Power Systems Research, vol. 123, pp. 128-136, DOI: 10.1016/j.epsr.2015.02.006 (2015-6) 査読有

㉗ T. Asada, Y. Baba, N. Nagaoka, and A. Ametani, "An improved thin wire representation for FDTD transient simulations," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility vol. 57, no. 3, pp. 484-487, DOI: 0.1109/TEMC.2014.2380815 (2015-6) 査読有

㉘ T. H. Thang, Y. Baba, V. A. Rakov, and A. Piantini, "FDTD computation of lightning-induced voltages on multi-conductor lines with surge arresters and pole transformers," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. 57, no. 3, pp. 442-447, DOI: 10.1109/TEMC.2014.2382115 (2015-6) 査読有

㉙ J. Takami, T. Tsuboi, K. Yamamoto, S. Okabe, and Y. Baba, "FDTD simulation considering an AC operating voltage for air-insulation substation in terms of lightning protective level," IEEE Trans. Dielectrics and Insulation, vol. 22, no. 2, pp. 806-814, DOI: 10.1109/TDEI.2015.7076779 (2015-4) 査読有

{ 学会発表 } ( 計 3 4 件 )

Y. Baba, "Electromagnetic computation methods for lightning electromagnetic pulse simulations," The International Symposium on Lightning Protection and High Voltage Engineering (ISLH), Bangkok (2018-3) 招待講演

S. Araki, Y. Nasu, Y. Baba, V. A. Rakov, M. Saito, and T. Miki, "FDTD simulation of electromagnetic pulses at distances of 27 to 101 km from lightning strikes to the Tokyo Skytree," The International Symposium on Lightning Protection and High Voltage Engineering (ISLH), Bangkok (2018-3)

P. Gautier, Y. Baba, and N. Nagaoka, "FDTD analysis of the propagation of a partial discharge pulse in a high voltage substation equipment," The International Symposium on Lightning Protection and High Voltage Engineering (ISLH), Bangkok (2018-3)

M. Kose, Y. Yamamoto, Y. Baba, and N. Nagaoka, "Empirical expression for the effective length of horizontal grounding wires against

lightning surges,” The International Symposium on Lightning Protection and High Voltage Engineering (ISLH), Bangkok (2018-3)

T. H. Tran, Y. Baba, V. B. Somu, and V. A. Rakov, “FDTD modeling of LEMP propagation in the earth-ionosphere waveguide,” Paper presented at ICOLSE 2017, no. 1B1-1Nagoya, Japan (2017-9)

T. Umeda, Y. Baba, H. Tsubata, T. Nishi, and Y. Sato, “FDTD simulation of lightning currents and electric field in a CFRP panel with triangular prism cells,” Paper presented at ICOLSE 2017, no. 3B2-1, Nagoya, Japan (2017-9)

H. Tsubata, T. Nishi, Y. Sato, Y. Baba, and T. Umeda, “FDTD simulation of lightning current in an anisotropic material,” Paper presented at ICOLSE 2017, no. 3B2-5, Nagoya, Japan (2017-9)

S. Araki, Y. Baba, and V. A. Rakov, “A numerical study of site errors in magnetic direction finding of lightning,” Paper presented at 2017 URSI General Assembly, no. E17-1, Montreal, Canada (2017-8)

H. Tanaka, Y. Tian, Y. Baba, C. F. Barbosa, T. Tsuboi, and S. Okabe, “Effect of a shield wire on lightning-induced currents on a buried cable due to a direct strike,” Asian High-Power Electromagnetics Symposium (ASIAEM), Bangalore, India (2017-7)

T. Umeda, M. Nakagawa, Y. Baba, H. Tsubata, T. Nishi, and H. Fujisawa, “FDTD analysis of lightning currents in a CFRP Panel,” Paper presented at APL 2017, Krabi, Thailand, no. 3 (2017-5)

S. Araki, Y. Baba, and V. A. Rakov, “FDTD analysis of site errors in magnetic direction finding of lightning,” Paper presented at APL 2017, Krabi, Thailand, no. 4 (2017-5)

R. Murakami, S. Imato, Y. Baba, and N. Itamoto, “FDTD simulation of the electric field of a substation arrester under a lightning overvoltage,” Paper presented at APL 2017, Krabi, Thailand, no. 5 (2017-5)

Y. Baba, “Recent progress in lightning electromagnetic field and surge simulations,” Paper presented at APL 2017, Krabi, Thailand, no. 8 (2017-5)

Y. Baba, “Recent progress in lightning electromagnetic pulse simulations,” 2017 International Symposium on Winter Lightning, Invited Lecture, Joetsu, Niigata, Japan (2017-4) 招待講演

T. H. Tran, Y. Baba, V. B. Somu, and V. A. Rakov, “FDTD simulation of LEMP propagation in the daytime and nighttime earth-ionosphere waveguides,” International Symposium on Winter Lightning, Joetsu, Niigata, Japan (2017-4)

A. K. Nzenzula, R. Murakami, Y. Baba, and N. Itamoto, “FDTD analysis of the electric field of a lightning-impulse-applied arrester,” International

Symposium on Winter Lightning, Joetsu, Niigata, Japan (2017-4)

S. Araki, Y. Baba, N. Nagaoka, T. Tsuboi, and S. Okabe, “FDTD analysis of the error of estimated lightning electromagnetic field direction due to the presence of a grounded structure,” Paper Presented at 2016 IWHV, no. HV-16-153, Miyazaki, Japan (2016-11)

A. K. Nzenzula, R. Murakami, S. Imato, Y. Baba, N. Nagaoka, and N. Itamoto, “FDTD computation of the transient electric field of an arrester,” Paper Presented at 2016 IWHV, no. HV-16-151, Miyazaki, Japan (2016-11)

T. H. Tran, Y. Baba, N. Itamoto, and V. A. Rakov, “FDTD simulation of back-flashover at the transmission-line tower struck by lightning considering ground-wire corona,” Paper presented at 2016 ICLP, Estoril, Portugal (2016-9)

N. Tsukamoto, S. Imato, Y. Baba, and M. Ishii, “Current distribution in MOV element stressed by 4/10  $\mu$ s impulse current, Paper presented at 2016 ICLP, Estoril, Portugal (2016-9)

②A. Tatematsu, Y. Baba, M. Ishii, S. Okabe, T. Ueda, and N. Itamoto, “Development of surge simulation techniques based on the finite difference time domain method and its application to surge analysis,” Paper presented at 2016 CIGRE Paris Session, no. C4-302, Paris (2016-8)

②S. Miyamoto, Y. Baba, N. Nagaoka, and K. Yamamoto, “A study of effective length of vertical wires connected to foundation of wind turbine,” Paper presented at 2016 ICEE, Naha, Okinawa, no. 90281 (2016-7)

③H. Tanaka, Y. Baba, and C. F. Barbosa, “FDTD analysis of lightning-induced currents on a buried cable with a shield wire,” CIGRE International Colloquium on Lightning and Power Systems, Bologna, Italy (2016-6)

④T. H. Thang, Y. Baba, V. A. Rakov, and V. B. Somu, “2D FDTD simulation of LEMP propagation considering the presence of conducting atmosphere,” Paper presented at 2016 APEMC, Shenzhen, China (2016-05)

⑤S. Kobayashi, Y. Suzuki, Y. Baba, and N. Nagaoka, “Application of a subgridding technique to a 3D CIP-based electromagnetic field analysis using the Hermite interpolation,” Paper presented at 2016 APEMC, Shenzhen, China (2016-05)

⑥F. Zhang, H. Tanaka, Y. Baba, and N. Nagaoka, “FDTD surge simulation of a vertical grounding rod considering soil ionization,” Paper presented at 2016 APEMC, Shenzhen, China (2016-05)

⑦Y. Baba, and V. A. Rakov, “Application of the FDTD method to lightning electromagnetic pulse simulations,” 2016 International Lightning Detection Conference, San Diego, CA, USA (2016-4) 招待講演

⑳H. Tsubata, T. Nishi, H. Fujisawa, Y. Baba, and M. Nakagawa, "FDTD simulation of lightning current in a multi-layered CFRP material," International Conference on Lightning and Static Electricity (ICOLSE), Toulouse, France (2015-09)

㉑H. Tanaka, Y. Baba, and C. F. Barbosa, "FDTD simulation of lightning-induced currents on a buried cable with a shield wire," ASIAEM, Jeju, Korea (2015-08)

㉒Y. Suzuki, M. Aoki, Y. Baba, and V. A. Rakov, "FDTD analysis of errors in magnetic detection finding of lightning due to nearby grounded structures," Paper presented at 2015 APL Conf., no. TC3.2-3, Nagoya, Japan (2015-6)

㉓T. H. Thang, Y. Baba, V. A. Rakov, and A. Piantini, "FDTD simulations of lightning-induced voltages on complex multi-conductor lines," Paper presented at 2015 APL Conf., no. TC3.2-4, Nagoya, Japan (2015-6)

㉔H. Tanaka, D. Tanahashi, Y. Baba, and N. Nagaoka, "FDTD surge simulation of grounding electrodes considering soil ionization," Paper presented at 2015 APL Conf., no. TC4.1-2, Nagoya, Japan (2015-6)

㉕N. Itamoto, and Y. Baba, "FDTD simulation of a transmission line fault caused by winter lightning," Paper presented at 2015 APL Conf., no. TC5.5-1, Nagoya, Japan (2015-6)

㉖T. H. Thang, Y. Baba, V. A. Rakov, and A. Piantini, "FDTD computations of lightning-induced voltages in the presence of nearby buildings," Paper presented at 2015 APEMC Symp., Taipei, Taiwan, 5 pages (2015-5)

〔図書〕(計1件)

*Y. Baba*, and V. A. Rakov, Electromagnetic Computation Methods for Lightning Surge Protection Studies, Wiley (2016-1)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

[https://kenkyudb.doshisha.ac.jp/rd/html/japanese/researchersHtml/199007/199007\\_Researcher.html](https://kenkyudb.doshisha.ac.jp/rd/html/japanese/researchersHtml/199007/199007_Researcher.html)

1

6. 研究組織

(1)研究代表者

馬場吉弘 (BABA YOSHIHIRO)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：70319466

(2)研究分担者 なし

( )

研究者番号：

(3)連携研究者 なし  
( )

研究者番号：

(4)研究協力者 なし  
( )