

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2013

課題番号：21560296

研究課題名(和文)高精度配電線フラッシュオーバー率評価手法の開発

研究課題名(英文)Development of high-accuracy estimation method of flashover rate of power distribution line

研究代表者

道下 幸志(Michishita, Koji)

静岡大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50239274

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：高精度配電線フラッシュオーバー率を，(1)従来しばしば用いられてきたBergerの電流波高値ではなくJLDNにより得られた電流波高値を用い，(2)高圧線下方に併架される低圧配電線を考慮し，(3)高速度ビデオによる観測結果に基づいて多重度を2として評価した。この結果，落雷あたりの高圧配電線のスパークオーバー率の計算結果は，報告されている実測結果である1年に配電線1kmあたり0.02件と大まかに一致した。

研究成果の概要(英文)：I evaluate the sparkover rate of a medium-voltage line associated with direct strokes to the line by using peak currents obtained at southern Kyushu by the JLDN (Japan Lightning Detection Network), one of the lightning detection network in Japan. In the evaluation, the correlation between the front duration and the peak currents is taken into account as well as the low-voltage line often installed below. In the estimation of the sparkover rate, the multiplicity of the strokes in a flash is assumed to be 2 based on the observed results by the high speed video camera. As the result, the estimated sparkover rate for a flash is in reasonable agreement with the reported rate.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：雷 高圧配電線 直撃雷 スパークオーバー 避雷器 架空地線 雷電流波形 低圧配電線

1 . 研究開始当初の背景

(1) 21 世紀に入り、高度情報化が一層進み、これを支える電力技術には高い信頼性が求められている。

(2) 電力系統の中でも、電圧階級が高い送電線に関しては、遮へい失敗や逆フラッシュオーバーが主たる雷事故要因となる。高圧配電線では、送電線よりも機材の耐電圧も低いため、配電設備への直撃雷に加えて、配電線近傍への雷撃によって発生する誘導雷も事故原因となってきた。近年では、避雷器の適用により、誘導雷に起因する事故は殆ど無いものと考えられている。送電線や配電線の事故率は、電圧階級によっても異なるが、送電線と配電線に分類した場合には、いずれも亘長 100km 当り 1 年間に数件程度となっており、両者はほぼ同じ程度の信頼性を有している。

(3) 我国の電気料金は国際的に見て高い水準にあり、最近の電力自由化の情勢とも相まって、電力各社においてコスト低減のための各種の取り組みがなされている。雷害対策についても、合理化の対象となることは不可避であるが、供給信頼度を維持しながら、効率良く雷害対策を行うことが、肝要であることはいうまでも無い。

(4) 雷害対策を効率良く実施するには、雷の特性と求められる信頼度を考慮し、その地域に適した雷害対策手法をきめ細かく選択することが有効であり、対策手法を策定した場合に、雷被害率を算定する手法が確立されていることが望まれる。配電線に関しては、我国で、配電設備形態、雷パラメータ、及び、雷過電圧発生原因を考慮し、スパークオーバー発生をシミュレーションにより予測する、雷スパークオーバー率算定手法が既に提案されているが、予測結果が実際の雷被害率よりも 1 桁以上大きく、予測結果の大幅な精度向上が望まれている。

2 . 研究の目的

本研究では、配電線のフラッシュ - バ率評価手法の確立を主たる目的とする。

3 . 研究の方法

(1) 夏季の雷パラメータに関しては、我国内においてもまた世界的にもその平均的な性状は余り相違しないとの認識に基づいて、40 年以上前に海外で得られたものが用いられる場合が多い。日本で得られたデータが用いられる場合もあるが、帰還雷撃の前駆現象であるリーダが上向き或いは下向きの区別無くデータが示されているため、厳密な意味では正確とはいえない。一方、近年では落雷位置標定システムにより得られる電流の推定値の精度が検証され、地域特性や季節特性の検討に用いられつつある。落雷位置標定装置により推定結果の妥当性が示されているのは、負極性雷撃で波高値が数 10kA 以下と小さいものが主であり、今後、大電流領域のデータや立上り時間等についてもその精度の

検証を行う必要はあるが、今までの九州電力との共同研究の成果では落雷位置標定装置による帰還雷撃電流の推定精度の特に問題は認められず、また、効率よくデータを収集する際には有効な手段であるので、本研究では、大電流領域においても小電流領域と同等の精度と仮定してシミュレーションに用いることとする。

(2) 従来解析対象とされてきた高圧線 ( 3 導体 + 架空地線 ) に加えて、同時に併架されることの多い低圧線や通信線を加えた 6 導体系 + 1 架空地線を解析対象とする。

(3) 多重度を従来用いられてきた 4 から高速ビデオを用いた観測データに基づいて変更する。

(4) 雷撃距離に関しても、現在用いられている計算結果の妥当性を静止写真等に基づいて検討する。

4 . 研究成果

(1) 雷パラメータ

表 1 に Berger 等により得られた負極性下向き落雷の電流波形パラメータを、表 2 にはわが国最大の落雷位置標定ネットワークである JLDN により九州南部で得られた波高値を示している。JLDN により得られた第一雷撃の波高値は、Berger 等により得られたものと比較して半分程度となっている事が分かる。Berger 等のデータは標高 915m の山頂付近で測定されているため波高値が大きくなったものと考えられる。多くの高圧配電線は平地にあるため、波高値としては表 2 に示すものを用いた。

表 1 Berger 等の観測結果

		95% 値	50% 値	5% 値
第一雷撃	波高値 [kA]	14	30	80
	波頭長 [μs]	1.8	5.5	18
後続雷撃	ピーク値 [kA]	4.6	12	30
	波頭長 [μs]	0.22	1.1	4.5

表 2. JLDN による負極性雷波高値

	データ数	波高値 [kA]		
		95% 値	50% 値	5% 値
第一雷撃	9675	4	16	56
後続雷撃	7760	5	13	35

(2) 多重度

図 1 に高速度ビデオにより得られた落雷点の変化を示す。第二雷撃は第一雷撃から 41ms 後に発生したものであるが、別の地点に雷撃していることが分かる。



(a) 第一雷撃



(b) 第二雷撃

図1 多地点同時落雷の画像

多地点同時落雷の場合、異なる地点への後続雷は、配電線の直撃雷を考える上では、後続雷として扱うことは適切ではない。観測された雷撃を、観測された雷撃点で割ると1落雷あたりの多重度は1.6となり、落雷数で割った場合には2.3となった。このため、スパークオーバー率評価では1落雷あたりの多重度を2として評価した。

### (3) 雷撃距離

図2に示す画像を用いて評価した結果では、現在配電線への雷撃距離を評価する際に用いられる  $r_c=10l^{0.65}$  は実測結果とほぼ一致していた。今後より多くのデータで検討を実施する必要はあるものの、上記事実に基づいて雷撃距離は上記の式を用いる事とした。



図2 雷撃距離の評価

### (4) スパークオーバー率評価

図3にスパークオーバー率評価を実施した線路構成を示す。避雷器の設置間隔や架空地線の接地間隔を変化させてスパークオーバー率を評価した。

#### パラメータの影響

図4にパラメータの相違によるスパークオーバー率の相違を示している。落雷位置標定装置により得られたパラメータを用いるとBergerのパラメータを用いたスパークオーバー率の半以下に減少していることが分かる。

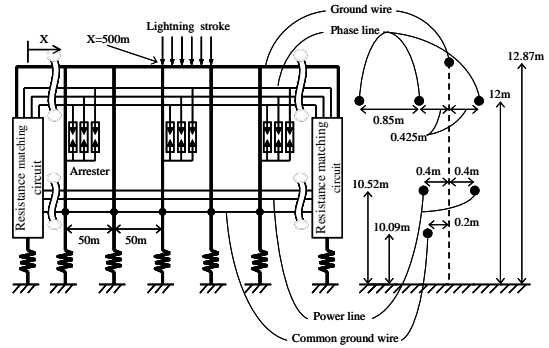


図3 検討した線路構成

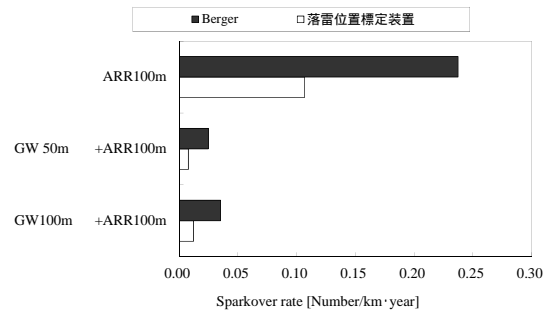


図4 第一雷撃のスパークオーバー率 低圧配電線の影響

図5に低圧線の有無によるスパークオーバー率の相違を示す。計算には落雷位置標定装置により得られたパラメータを用いた。低圧配電線が併設されている場合、ない場合と比較してスパークオーバー率は10%以下に減少している。これは低圧配電線が高圧配電線がスパークオーバーする前に地絡して実質的には架空地線としての役割を果たすためである。

なお、低圧配電線に雷が侵入しても、このことが原因で家庭内の機器が損傷する確率は極めて低く、130kA程度の波高値の大きい雷が発生しない限りは損傷しないことも解析により確かめた。

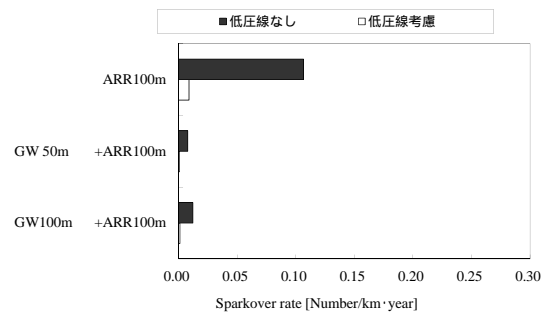


図5 低圧線併設時の第一雷撃のスパークオーバー率

#### 落雷あたりのスパークオーバー率

図6に落雷あたりのスパークオーバー率を示す。計算にあたっては、多重度は2とした。図6の点線は、実測値である。実際の耐雷器材の施設形態は一様ではないが避雷器は200m間隔以下で設置されている場合が多く、架空地線の施設率は平均60%程度であることから、シミュレーション結果は現実のスパーク

クオーバ被害率と大まかに一致していると著者らは考えられる。

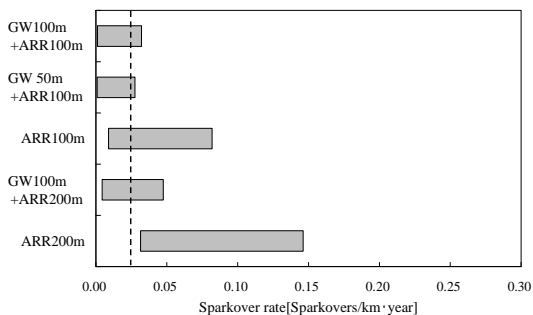


図6 落雷あたりのスパークオーバー率

以上の結果, 当初の目的である, 高圧配電線スパークオーバー率の確立という目的は達成されたと考えている。

## 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6件)

- (1) K. Michishita, A. Suzuki, S. Yokoyama and Y. Hongo, "Analysis of Lightning Current at Home Electric Appliance in Case of Stroke to Concrete Pole", 電気学会論文誌 B, 134, 12, 981-986 (2013,12) DOI:10.1541/ieejpes134.981 査読有
- (2) 道下幸志, 佐藤浩明, 横山 茂, 古河征二:「負極性第一帰還雷撃電流波高値とインパルス電荷量変化」, 電気学会論文誌 B, 134, 11, 918-923 (2013,11) DOI:10.1541/ieejpes134.918 査読有
- (3) 道下幸志, 酒井良太, 中田英宏:「負極性直撃雷による高圧配電線スパークオーバー率 - 電磁界観測により得られた波高値を用いた解析 - 」, 電気学会論文誌 B, 133, 11, 922-927 (2012.11) DOI:10.1541/ieejpes133.922 査読有
- (4) K. Michishita and Y. Hongo, "Flashover Rate of 6.6 kV Distribution Line Due to Direct Negative Lightning Return Strokes", IEEE Trans. on Power Delivery, 27, 4, 2203-2210 (2012. 10) 査読有
- (5) K. Michishita, N. Shibata, Y. Hongo, "Influence of Propagation Distance on Estimated Location of Return Strokes Based on Measured E-Field", 電気学会論文誌 B, 132, 2, 144-149 (2012.2) DOI:10.1541/ieejpes132.144 査読有
- (6) 道下幸志, 梅原聡, 河本伸二, 前田広治:「帰還雷撃の電荷中心点及び電荷量変化の簡易推定法の提案」, 電気学会論文誌 B, 131, 2号, pp. 238-239 (2011, 2) 査読有

[学会発表](計 57 件)

- (1) 道下幸志, 栗原聡史, 橋本洋助:「2013年

九州南部での夏季雷電流測定結果」, 平成26年電気学会全国大会, 7-109 (2014.3.19) 愛媛大学

- (2) 津田翔太, 道下幸志, 本郷保二, 松井倫弘:「静止写真に基づく大地への雷撃距離の一検討」, 平成26年電気学会全国大会, 7-108 (2014.3.19) 愛媛大学
- (3) 吉川明成, 道下幸志, 栗原聡史:「電流波高値と電荷量変化の相関に関する一検討」, 平成26年電気学会全国大会, 7-098 (2014.3.18) 愛媛大学
- (4) 森 亮太, 道下幸志, 横山茂, 栗原聡史:「架空地線省略時の高圧配電線雷被害率の解析」, 電気学会高電圧研究会, HV-14-017(2014,1.23) ラフォーレ南紀白浜(和歌山県白浜市)
- (5) 辻 智明, 道下幸志, 横山茂:「大地雷撃時の配電線雷サージについての検討: 空中の電磁界と大地電位上昇を考慮した解析」, 電気学会高電圧研究会, HV-14-016(2014,1.23) ラフォーレ南紀白浜(和歌山県白浜市)
- (6) 栗原聡史, 中田英宏, 橋本洋助, 道下幸志:「電界波形に基づく雷電流波形及び電荷量変化推定精度に関する一検討」, 電気学会高電圧研究会, HV-14-006 (2014,1.23) ラフォーレ南紀白浜(和歌山県白浜市)
- (7) 氏橋和之, 道下幸志, 横山 茂, 栗原聡史:「高圧配電線の雷スパークオーバー率に与える低圧配電線配置の影響」, 電気学会放電開閉保護高電圧合同研究会, ED-13-128, SP-13-051, HV-13-089 (2013, 11.19) かがしま県民交流センター
- (8) K. Michishita, S. Yokoyama, K. Ujihashi, R. Sakai, S. Furukawa "Influence of low-voltage line on sparkover rate of 6.6 kV distribution line", XII International Symposium on Lightning Protection, 7-3, Belo Horizonte Brazil (2013.10.10)
- (9) 氏橋和之, 道下幸志, 横山茂, 古河征二:「低圧配電線数が高圧配電線スパークオーバー率に及ぼす影響」, 平成25年度電気関係学会東海支部連合大会, E3-7 (2013.9.25) 静岡大
- (10) 森亮太, 道下幸志, 横山茂:「落雷に対する高圧配電線雷被害率の一検討」, 平成25年度電気関係学会東海支部連合大会, E3-6 (2013.9.25) 静岡大学
- (11) 田中勝規, 道下幸志, 横山茂, 松井倫弘:「落雷位置標定の精度に関する一検討」, 平成25年度電気関係学会東海支部連合大会, E3-5 (2013.9.25) 静岡大学
- (12) 辻智明, 道下幸志, 横山茂:「大地雷撃時の配電線雷サージ解析に与える大地深さの影響」, 平成25年度電気関係学会東海支部連合大会, E3-4 (2013.9.25) 静岡大学
- (13) 高森淳平, 道下幸志, 横山茂, 松井

- 倫弘：「冬季の正極性雷撃数と発生割合」，平成25年度電気関係学会東海支部連合大会，E3-2（2013.9.25）静岡大学
- (14) 辻智明，道下幸志，横山茂：「大地電位上昇による配電線へ流入する雷電流に関する一検討」，平成25年電気学会電力・エネルギー部門大会，401（2013.8.27）新潟朱鷺メッセ
- (15) 森亮太，横山茂，道下幸志，古河征二：「避雷器焼損とスパークオーバを考慮した高圧配電線被害率の一検討」，平成25年電気学会電力・エネルギー部門大会，400（2013.8.27）新潟朱鷺メッセ
- (16) 道下幸志，古河征二，高森淳平，横山茂：「多地点同時落雷に関する測定結果」，平成25年電気学会電力・エネルギー部門大会，389（2013.8.27）新潟朱鷺メッセ
- (17) R. Mori, S. Yokoyama, K. Michishita, "Study on fault ratio of 6.6 kV overhead power distribution lines considering insulation sparkovers as well as surge arrester damages", APL (Asia-Pacific Lightning Conference) 2013, LPPS-349, Seoul (2013. 6. 27)
- (18) J. Takamori, K. Michishita, S. Yokoyama, M. Matsui, M. Tanaka, "Return-stroke Current Parameters Dependent on Season and Region observed by JLDN", APL (Asia-Pacific Lightning Conference) 2013, LDAD-347, Seoul (2013. 6. 27)
- (19) T. Tsuji, K. Michishita, S. Yokoyama, S. Furukawa, "Simulation of Lightning Current on Power Distribution Line due to Ground Potential Rise", APL (Asia-Pacific Lightning Conference) 2013, LPPS-342, Seoul (2013. 6. 27)
- (20) K. Ujihashi, K. Michishita, S. Yokoyama, S. Furukawa, "Sparkover Rate of Horizontally and Vertically Configured Overhead Distribution Lines due to Direct Lightning Strokes", APL (Asia-Pacific Lightning Conference) 2013, LPPS-301, Seoul (2013. 6. 27)
- (21) 高森淳平，道下幸志，横山茂，松井倫弘：「夏季における正極性雷撃電流波高値と高層温度分布」，平成24年電気学会全国大会，7-117（2013.3.21）名古屋大学
- (22) 田中勝規，道下幸志，横山茂，松井倫弘：「落雷位置標定に与える電磁界波形の影響」，平成24年電気学会全国大会，7-115（2013.3.21）名古屋大学
- (23) 道下幸志：「配電設備の耐雷設計への適用」，平成25年電気学会全国大会，S3-6（2013.3.20）名古屋大学
- (24) 佐藤浩明，道下幸志，横山茂，古河征二：「インパルス電荷と電流波高値の相関」，電気学会放電誘電・絶縁材料高電圧合同研究会，ED-13-001，DEI-13-010，HV-13-042（2013.1.28）九州大学
- (25) 鈴木綾人，道下幸志，横山茂，本郷保二，松井倫弘：「引込線から侵入する雷サージによる家電機器損傷率の検討」，電気学会高電圧研究会，HV-13-033（2013.1.25）同志社大学
- (26) 氏橋和之，道下幸志，横山茂，古河征二：「腕金モデルが高圧配電線垂直配置時のスパークオーバ率に及ぼす影響」，電気学会高電圧研究会，HV-13-029（2013.1.25）同志社大学
- (27) K. Michishita, A. Suzuki, S. Yokoyama, Y. Hongo, Y. Shimizu, "Damage of surge protective device in household electric appliance by lightning current through service wire", 2012 CIGRE SC C4 Colloquium in Japan, VII-4, Hakodate (2012.10.12)
- (28) 酒井良太，道下幸志，横山茂：「直撃雷による高圧配電線スパークオーバ率に対する低圧配電線の長さの影響」，電気関係学会東海支部連合大会，E2-5（2012.9.24）豊橋技術科学大学
- (29) 鈴木綾人，道下幸志，横山茂，本郷保二：「需要家SPD損傷に関する柱上変圧器モデル」，電気関係学会東海支部連合大会，E2-4（2012.9.24）豊橋技術科学大学
- (30) 佐藤浩明，道下幸志，横山茂，古河征二：「九州南部の帰還雷撃電流波高値の標高依存性」，電気関係学会東海支部連合大会，E2-3（2012.9.24）豊橋技術科学大学
- (31) 道下幸志，佐藤浩明，横山茂，中田英宏：「九州南部の雷性状の標高への依存性」，平成24年電気学会電力・エネルギー部門大会，309（2012.9.13）北海道大学
- (32) 氏橋和之，道下幸志，横山茂，中田英宏：「低圧配電線地上高が高圧配電線スパークオーバ率に及ぼす影響」，平成24年電気学会電力・エネルギー部門大会，300（2012.9.12）北海道大学
- (33) K. Michishita, R. Sakai, S. Yokoyama, H. Nakata "Flashover rate of medium-voltage line estimated with lightning parameters in JAPAN", 29th International conference on lightning protection, 167, Vienna (2012.9.5)
- (34) M. Matsui, S. Yokoyama, K. Michishita, Masaaki Sato, Hidetoshi Ito, "Study on the soundness of SPD devices using data of Japanese Lightning Detection Network", 29th International conference on lightning protection, 14, Vienna (2012.9.5)
- (35) K. Michishita, H. Sato, S. Yokoyama, H. Nakata, "Regional variation of negative lightning flash density and charge transfer in southern

- Kyushu”, 29th International conference on lightning protection, 168, Vienna (2012.9.4)
- (36) H.Nakata, F.Kinoshita, K.Michishita, ” Simultaneous measurement of return-stroke current and E-field waveforms at souththern Kyushu in Japan”, 29th International conference on lightning protection, 76, Vienna (2012.9.3)
- (37) 柴田直樹, 道下幸志, 横山茂, 中田英宏: 「帰還雷撃電流推定精度に関する一検討」, 平成24年電気学会全国大会, 7-082 (2012.3.21) 広島工業大学
- (38) 鈴木綾人, 道下幸志, 横山茂, 本郷保二, 清水康彦: 「コンクリート柱雷撃時のSPD損傷の一検討」, 平成24年電気学会全国大会, 7-076 (2012.3.21) 広島工業大学
- (39) 佐藤浩明, 道下幸志, 中田英宏, 横山茂: 「九州南部の雷特性に関する一検討」, 電気学会放電誘電・絶縁材料高電圧合同研究会, ED-12-021, DEI-12-033, HV-12-021 (2012,1.27)長崎大学
- (40) 中村一紀, 道下幸志, 横山茂, 中田英宏: 「高圧配電線垂直配置時のスパークオーバー率の検討」, 電気学会放電誘電・絶縁材料高電圧合同研究会, ED-12-018, DEI-12-030, HV-12-018 (2012,1.27)長崎大学
- (41) 柴田直樹, 道下幸志: 「垂直電界測定に基づく帰還雷撃電流推定に関する一検討」, 電気学会高電圧研究会, HV-11-100 (2011,12.1) サン・リフレ函館
- (42) 道下幸志, 酒井良太, 中田英宏: 「観測データを用いた高圧配電線フラッシュオーバー被害率に関する一検討」, 電気学会高電圧研究会, HV-11-072 (2011,11.30) サン・リフレ函館
- (43) 鈴木綾人, 道下幸志, 本郷保二, 清水康彦: 「需要家機器のSPD損傷の一検討」, 電気学会高電圧研究会, HV-11-071 (2011,11.30)サン・リフレ函館
- (44) 鈴木綾人, 道下幸志, 本郷保二, 清水康彦: 「VSTLを用いた雷過電流によるSPD損傷についての一検討」, 2011年電気設備学会全国大会, A-12 (2011.9.16) 宮崎公立大学
- (45) 鈴木綾人, 道下幸志, 本郷保二, 清水康彦: 「VSTLを用いた低圧配電システムの雷過電流解析結果の妥当性の一検討」, 平成23年電気学会電力・エネルギー部門大会, 256 (2011.8.30) 福井大学
- (46) 柴田直樹, 道下幸志, 本郷保二: 「伝搬距離が電界測定に基づく雷撃位置及び電流値推定に及ぼす影響」, 平成23年電気学会電力・エネルギー部門大会, 37 (2011.8.30) 福井大学
- (47) 柴田直樹, 道下幸志, 本郷保二: 「5-30kmで測定された垂直電界に基づく雷撃電流値の推定」, 平成23年電気学会全国大会, 7-105 (2011.3.18) 大阪大学
- (48) 道下幸志: 「低圧配電システムに発生する雷過電圧(総論)」, 平成23年電気学会全国大会, S9-1 (2011.3.17) 大阪大学
- (49) 柴田直樹, 道下幸志, 本郷保二: 「電界波形と伝搬距離」, 電気学会放電誘電・絶縁材料高電圧合同研究会, ED-11-007, DEI-11-020, HV-11-007 (2011,1.27)ホテルメリージュ(宮崎)
- (50) N. Shibata, K. Michishita, Y. Hongo, “E-field waveform influenced by distance to return strokes”, International workshop on high voltage engineering”, ED-10-90, SP-10-57, HV-10-52, Kita-kyusyu (2010.11.13)
- (51) 中田英宏, 木下文宏, 生田昌輝, 山口博, 道下幸志: 「雷電流と電界波形の同時観測結果とその解析」, 平成22年電気学会電力・エネルギー部門大会, 346 (2010.9.2)九州大学
- (52) 柴田直樹, 道下幸志, 本郷保二: 「同時観測された電界波形と伝搬効果」, 平成22年電気学会電力・エネルギー部門大会, 345 (2010.9.2)九州大学
- (53) 柴田直樹, 道下幸志, 本郷保二: 「電界測定による雷撃点位置標定誤差の検討(その一)」, 平成22年電気学会全国大会, 7-120 (2010.3.19) 明治大学
- (54) 梅原聡, 道下幸志, 河本伸二, 前田広治: 「雷雲の電荷中心点及び電荷量の推定」, 電気学会放電誘電・絶縁材料高電圧合同研究会, ED-10-012, DEI-10-036, HV-10-012 (2010,1.29)佐賀大学
- (55) 津崎慎也, 道下幸志, 生田昌輝: 「第一雷撃と第二雷撃の電界波形パラメータの相関の検討」, 電気学会放電閉閉保護高電圧合同研究会, ED-09-160, SP-09-31, HV-09-40 (2009,11.19)長崎大学
- (56) 津崎慎也, 道下幸志, 生田昌輝: 「負極性第一雷撃と第二雷撃の電界波形パラメータの相関の一検討」, 平成21年電気学会電力・エネルギー部門大会, 255 (2009,8,20) 芝浦工業大学
- (57) 梅原聡, 道下幸志, 河本伸二: 「熱雷に起因し連続電流を伴う負極性落雷の電荷量評価」, 平成21年電気学会電力・エネルギー部門大会, 253 (2009,8,20) 芝浦工業大学
- 〔その他〕  
ホームページ等  
<http://www.ipc.shizuoka.ac.jp/~tekmich/>  
6. 研究組織  
(1)研究代表者  
道下 幸志 (MICHISHITA Koji)  
静岡大学・工学研究科・教授  
研究者番号: 50239274