

施工現場向け雷警報システム 「カミナリウォッチャー®」 Lightning Warning System “Kaminari Watcher®” for Construction Sites

笠井 泰彰
渡辺 充敏

Yasuaki Kasai
Mitsutoshi Watanabe

1. はじめに

落雷の危険性が高い状況では、施工現場の作業員は迅速に避難しなければならない。

しかし、工事事務所で「落雷の危険性が高い状況」であるかどうかを客観的に判断することは極めて難しい。例えば、インターネットを通じて入手できる気象情報を常時監視する方法があるが、広域の気象情報からの判断は容易でないうえ、情報を監視するための専門の人員を配置することができない実情もある。

また、安全かつ遅滞なく工事を完了することは、発注者からも望まれており、近年は雷のほか突風や大雨などの荒天時作業の安全対策を求められることもある。

そこで、現場のある場所の状況を常時監視し「落雷の危険性が高い状況」であることを自動的に判定・通知する雷警報システム「カミナリウォッチャー®」を開発した。

2. 現場における雷警報システムの必要性

竣工後の建物は、火花放電発生リスクを低減するための対策として、「等電位ボンディング(電氣的な接続)」や「安全隔離距離の確保」など対策がなされている¹⁾。

しかし、建設中は等電位ボンディングも隔離距離の確保も十分ではない。例えば、クレーンのフックと大地は電氣的に接続されていないばかりか、近接しており隔離距離が確保されていない。クレーンのブームやジブの先端に雷が落ちると、電流はワイヤーを伝わりフックや吊荷から大地に再放電する。もし落雷時に玉掛け作業をしていたら、作業員は大電流の通り道になり、大事故になってしまう(Fig.1)。

事故を防ぐためには、「落雷の危険性の高い状況」となる前に、クレーン作業を中断する、フック下から離れる、足場と建物本体をまたがらない、建物頂部や角部から離れるなどの避難または対策を実施すべきである。

しかし、問題となるのは「落雷の危険性の高い状況とはいつか?」ということである。このため、事前に落雷の危険度を警報・通知するシステムが必要となる。

3. 「カミナリウォッチャー」の概要

開発したカミナリウォッチャーのシステム構成図をFig.2に示す。主として、2つのセンサと工事事務所に設置するパソコンで構成されている。

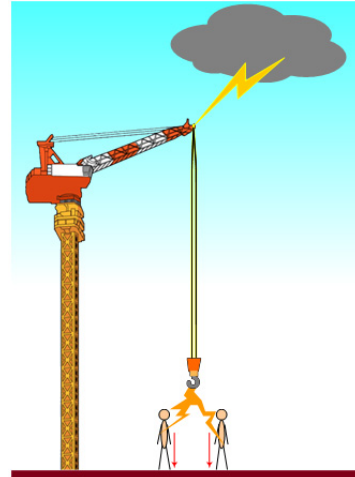


Fig.1 クレーン作業時の落雷被害
Lightning Accident at Crane Work

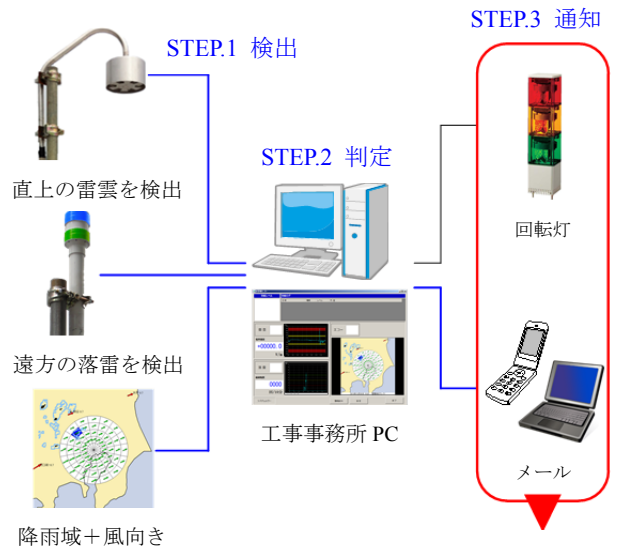


Fig.2 システム構成
System Configuration

3.1 落雷センサ

落雷は大気中に大電流が流れる放電現象であり、周囲に数 kHz~数 MHz の周波数成分を含む電磁波が発生する。この電磁波を捉えるアンテナが落雷センサである。

電磁波は遠方まで伝搬する性質があるため、落雷センサは 100km 以上離れた雷放電を捉えることができる。早期の警戒に有効である。

しかし一方で、どこかで放電現象が発生しない限り、雷の検出ができない。このため、最初の落雷に対しては事前の対応ができない短所がある。

3.2 雷雲センサ

雲に電荷が分布している状態にあると、雲と大地の間の電界が雲の電荷量に応じて変動する。この電界の変化を計測するセンサが雷雲センサである。

大気電界は、晴天時、周囲に高いものがない理想的な状況下では約 100V/m であり殆ど変動しない。一方で、雷雲の活動が活発である場合には変動し、帯電した雲が移動する様子や、雲の充電・放電を見ることができる。

雷雲センサは、現場近くで急に雷雲が形成された場合でも検出することができる。上空の雲の危険度を監視できる有意なセンサである。

しかしながら、センサは雲と大地の間、もしくは雲端部から数 km 程度の範囲に設置されていなければならない。このため雷雲を検出できる範囲は、雲の大きさよりやや大きい十数 km 程度までと狭い。

3.3 危険度判定アルゴリズムと気象情報の利用

前述のように、カミナリウォッチャーで使用している2種類のセンサには、それぞれ長所と短所があるため、遠方では落雷センサを重視し、接近してきた場合には雷雲センサを重視するアルゴリズムを基本とするのがよい。

しかし、雷雲センサは現場付近の上空を監視しているため、雷雲センサの情報は常に重視し判定の優先順位を上げなければならない。このようにすることで突然落ちる雷に対応することができる。

さらに、上空の風向きと雨域の気象情報を利用し、雷が接近しているのか、遠ざかっているのか、横をすり抜けているのかなどを判定し、最終的な危険度レベルに重みづけしている。また、無用な発報の回数を減じる判断材料としても用いている。

以上のようなアルゴリズムとすることで、「落雷の危険性が高い状況」の警報漏れを低減するとともに、迅速な警報解除や、不要な警報の頻度低減も実現している。

カミナリウォッチャーは雷の危険度を4段階に分けて表示している。なお、この危険度レベルは「雷が落ちるか落ちないかを予測するもの」ではない。警報は、「電氣的に観測した結果、近い距離で高頻度の落雷がある、または上空に電気を帯びた雷雲があり、落雷する危険度が通常に較べて高い」ことを示している。

3.4 画面の構成

工事事務所のパソコンに表示されるカミナリウォッチャーの画面の例をFig.3に示す。画面には危険度レベルの色表示、雷雲センサの電界強度グラフ、落雷センサの検出頻度グラフ、雨域風情報マップなどが表示される。

Fig.3に2013年7月8日、首都圏に多くの雷が発生した日の状況を示す。15:15頃に上空の雲による電界の絶対値が増え(上のグラフ、マイナスに帯電)、同時に落雷の検出頻度が上昇(下のグラフ)していることがわかる。また、13:45頃には遠方で落雷頻度が上昇したが、上空には雷雲がなかったことも画面情報から読み取ることができる。

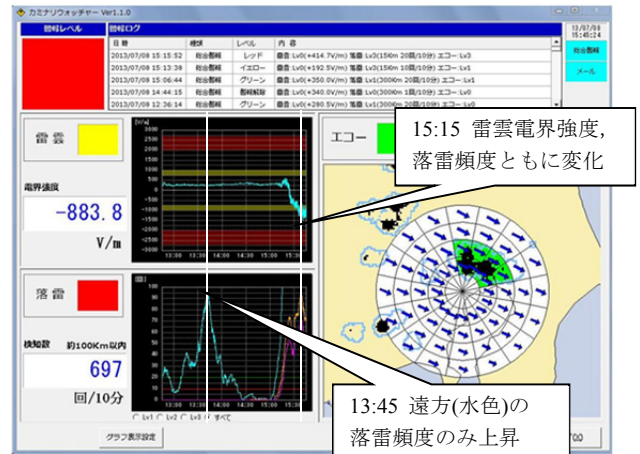


Fig. 3 カミナリウォッチャー表示画面 Display Screen Image of 'KAMINARI Watcher'

4. 「カミナリウォッチャー」の有効性

4.1 使用実績と作業安全性の向上

カミナリウォッチャーは、この2年あまりで13の建築・土木の工事事務所において使用された実績がある。

また、使用現場からは「実際の雷鳴・落雷と整合しており信頼できる」「作業中止タイミングの有力な判断材料になる」「雷の動向を事前に知ることができ、危険回避できた」などの意見が寄せられており、実際に安全性の向上に貢献できていることがわかる。

さらに、システムを導入したある建設現場において、警報発報・避難後に実際に現場に落雷があった例がある。このように警報を事前に出すことができることこそが、カミナリウォッチャーの目指していた有効性である。

4.2 安全性向上以外の効果

カミナリウォッチャーには、施工時の安全性を向上させるだけでなく、以下のような効果もある。

- 1) 避難による作業中断時間の短縮
- 2) タワークレーンの故障防止措置(ブレーカー遮断)
- 3) 火薬を用いる現場での火薬類管理基準への対応

5. まとめ

異なる2種類のセンサーの採用により、早期の警戒および上空の雷雲の警戒をともに可能とし、現場のある場所の「落雷の危険性が高い状況」であるかどうかを判定・通知することができる施工現場向けの雷警報システム「カミナリウォッチャー」を開発した。

カミナリウォッチャーは、現在複数の現場で稼働しており、施工時安全性の向上に貢献している。

参考文献

- 1) LPS 標準設計編集委員会：雷保護システム標準設計，日本雷保護システム工業会，pp.60-65 2009