資 料

最上試験線の紹介

Introduction of Mogami Test Line

武田浩三*1

Kōzō TAKEDA

1. はじめに

弊社の最上試験線は、1979年（昭和54年）に、当時計画されていた100万V送電線のスペーサの開発および強風下に於ける多導体送電線の振動観測を目的として、局地風「清川だし」が吹く、山形県立川町に実規模試験線として1-2号が建設された。（ここで多導体とは1相を構成する電線の本数が2本以上の送電線で、現在日本では2, 3, 4, 6, 8導体がある。また2本以上の電線の間隔を一定に保つ間隔体をスペーサという）

これまで、最上試験線では気象観測、人工着氷を取付けてギャロッピングを発生させて、各種多導体送電線のギャロッピング時に、電線からスペーサが受ける荷重測定を行ってきた。

そして現在最上試験線では、東京電力（株）殿の委託を受け、ギャロッピングの抑止対策の確立を目的とする試験のために、1994年（平成6年）に1-2号鉄塔に隣接して、3-4-5号が増設された。

ここでは、増設された最上試験線の概要を紹介する。

2. 最上試験線増設の理由

電線に着氷雪が生じたところへ強風が吹き付けると低周波大振幅の振動を生じることがある。このような現象をギャロッピングと称している。この振動は電線に上下方向の動きが顕著に認められ、その多くは電線の捻れ振動も伴っている。

送電線のギャロッピングは、山間地において電線への着氷によって発生するばかりでなく、平野部において湿

った雪の着雪によっても発生して、電線間の短絡事故にいたる要因の1つとなり、電力の安定供給上大きな課題となっている。

近年は冬季に平野部で広範囲にギャロッピングが発生しているため、既設備を大きく変更することなく、経済的なギャロッピング抑止対策が急務となっている。

この抑止対策を行う上では、

- ① 理論解析
- ② 現象把握
- ③ 対策技術開発

等が大きな柱であり、②、③を増設した最上試験線にて実施している。

最上試験線にて試験を実施する理由は、次の通りである。

ギャロッピング現象は、実際の送電線では希な現象であることに対して、最上試験線では年間を通して発生頻度の高い局地風「清川だし」が吹くために、人工着氷雪（自然の着氷、着雪形状を、ポリエチレンや発砲スチロールで模擬して、電線に取付けたもの。Photo. 2, Fig. 7参照）にてギャロッピングを発生させて、年間を通して効率の良い抑止対策試験を実施できる。

また無対策とギャロッピング抑止対策品取付けを並行させて、現象の正確な把握と抑止効果の比較のために、既設の1-2号に3-4-5号を並行して増設した。

増設に伴い測定点数も大幅に増加し（特に風速の測定は4点から19点）、測定システムにも先端技術が取り入れられ、新しい最上試験線がスタートした。

*1 旭電機株式会社 第一技術部 課長
Asahi Electric Works, LTD. Manager 1st, Technical Division
(原稿受理：平成7年9月30日)

Fig. 1 地形図

3. 最上試験線の概要

最上試験線の概要を次に示す。

・所在地

山形県東田川郡立川町字大堰台
標高160m

Fig. 1 に地形図と試験線の位置を示す。

・鉄塔および径間長

鉄塔 Table. 1 参照

径間長

1-2号 360m

3-4号 360m

4-5号 250m

Photo. 1 試験線全景, Fig. 2 に設備概要を示す。

・架線されている電線 (1995年 9月)

1-2号 ACSR410mm²×4導体 1相

3-4号 ACSR410mm²×4導体 2相

4-5号 ACSR410mm²×単導体 3相

(Fig. 8 参照)

ACSRとは、鋼芯アルミニウム撚り線

410mm²は、電線断面のアルミ部の公称面

Photo. 1 最上試験線全景

積を示している。

4導体とは、電線4本で1つの相を構成している多導体のことである。

(Photo. 3 参照)

・付属建屋

観測本館 (26坪)

Fig. 2 最上試験線の設備概要

Table. 1 最上試験線の鉄塔

鉄塔NO	高さ (m)	重量 (ton)	支持点数・耐荷重	備 考
1	35	35.0	1×30・100ton	耐張、2×30tonとして同時使用可能
2	35	35.0	1×30・100ton	耐張、2×30tonとして同時使用可能
3	47	58.5	4×30ton	耐張、3×30tonとして同時使用可能
4	47	61.0	4×30ton	耐張・懸垂両用2×30tonとして同時使用可能
5	47	35.5	1×30ton	耐張

各観測小屋からのデータの統計処理・保存・転送・システム制御・ITV録画

1号観測棟 (18坪)

2号観測小屋 (3坪)

5号観測小屋 (6坪)

各観測小屋は、各鉄塔からのセンサ信号をAD変換、光変換して、観測本館に転送する。

4. 清川だし

清川だしは、「やまじ風 (四国)」、「広戸風 (中国)」と共に3大悪風と言われており、山形県庄内平野において、最上川が峡谷部より平野に出た付近に起こる東または南東よりの強風で、最上試験線はこの峡谷の出口に位置している。

現在までに最上試験線にて測定された最大風速は瞬間で48m/s、10分間平均で38m/sが記録されている。

また、Table. 2に10分間平均10m/s以上の月別日数時間を示す。1, 2, 11, 12月の清川だし発生日は少ないが、他の月は平均して7日以上発生しており、10m/s以上の頻度が年間を通じて約20%に達している。

清川だしは、オホーツク海高気圧が発達したいわゆる梅雨型気圧配置のとき、または日本海に低気圧が入り太平洋側との気圧差が大きくなった時に発生し、頻度は特に6~8月が高いと言われているが、実際は年間を通じて吹き、1度吹き始めると数日間続くことが多い。

風が吹く気圧配置が明確であるために、ニュースの天

気図から清川だしを予想できるので、最上試験線の保守、点検に都合が良い。

(Fig. 3, 4に清川だしが吹く典型的な天気図を示す)

清川だしは、農作物に悪影響を与える。最近では1993年の冷害で、だしの頻度が非常に高く、吹き下ろしを受ける水田では、稲が壊滅状態であった。

地元の人の中には、だしが吹くときは頭痛がしたり、海が静かなので海水浴に出かけるそうである。

また最近、立川町は“Windy Town”として、風力発電・ウインドーム (風の博物館) など、清川だしを積極的に利用して町興しを実施している。弊社も風のデータ提供、ウインドームへの参加等で、協力している。

冬季になると、最上試験線は日本海からの季節風をほぼ線路直角に受ける。Fig. 5, 6は4号鉄塔にて測定された風向風速である。時期は1月と6月で、冬季は季節風の頻度が高く、6月は強い清川だしが吹いていることがわかる。清川だしと季節風の簡単な比較を、8m/s以上の風速で示すと、

Table. 2 10分間平均風速10m/s以上の年間日数

(1991年データ)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
日数	2	3	5	7	7	9	9	10	9	10	4	3	70
時間	50	70	120	170	170	210	210	230	210	230	10	70	1650

Fig. 3 梅雨型気圧配置

Fig. 4 太平洋側高気圧と日本海側低気圧

Fig. 5 1月の風の状況

Fig. 6 6月の風の状況

	平均風速	乱れの強さ (標準偏差/平均風速)
清川だし	15.0m/s	12.4 %
季節風	12.4m/s	20.9 %

(清川だし 95年6月 季節風 95年1月)

季節風は清川だしほど強くなく乱れの強さも大きいですが、各種試験に十分利用できる。

5. 観測装置およびデータ処理装置

現在、最上試験線では ACSR410mm² × 4 導体に、石打人工着雪試験所によって得られた三角型模擬着雪 (石打 NO. 5 Photo. 2, Fig. 7 参照) を取付けて、ギャロッピング観測を実施している。自然下で発生しやすい着雪形状で観測するのが目的である。

観測方法とデータ処理法を Table. 3 に示す。また、計測器の配置図を Fig. 8 に示す。

これらの計測は ITV を除き、各観測小屋にて休むことなく、同期して 0.1 秒毎にデジタル化される。デジタル化されたデータは、光ファイバを通して観測本館に集められて、統計処理後コンピュータに収録される。

また、清川だして 10 分間平均 8m/s 以上が検知され

左 三日月型 (石打NO.1) 右 三角型 (石打NO.5)

Photo. 2 人工着雪

三角型模擬着雪 (石打NO. 5)

Fig. 7 電線 (ACSR410mm²) と三角型人工着雪

Fig. 8 最上試験線 計測器配置図 (1995年 9月現在)

Photo. 3 4導体 スパーサ ITV撮影用標的

Photo. 4 ギル風速計

た時、0.1秒毎のデータは時系列データとしてそのまま収録され、さらにITVが作動（夜間は投光器が点灯）して、電線の振動（スパーサに取付けた蛍光色の標的）を撮影する。（Photo. 3参照）

ITVの映像は、観測本館のビデオ収録システムに収録される。（Photo. 6参照）ギャロッピングの周波数・振幅等は、ビデオテープを再生して、コンピュータで標的の蛍光色を追跡して時系列座標データに変換する。時系列データに対しては、風速とギャロッピングの関係を

得るために、スペクトル・伝達関数など様々な解析が実

6. データ処理システム

観測本館に設置されているコンピュータは次の2台である。

- ・メインコンピュータ
（HP - UNIX ワークステーション）
データ収集および統計処理
- ・サブコンピュータ
（MS - DOS パソコン）

ISDNによるデータ転送

(Photo. 5, Fig. 9 参照)

メインコンピュータは1, 2, 5号の観測棟から送られてきた測定データを統計処理および収録を行う。サブコンピュータはメインコンピュータとLANで結ばれており、緊急時にシステムを制御したり、ISDN（デジタル電話回線）にて、150km離れた弊社社長井研究所（山形県長井市）へデータを転送する。

これにより、研究所からのデータモニタ、また観測機器の異常を検知した場合のリセット等の実行が可能となっている。

Photo. 5 コンピュータシステム

7. これまでのデータの一例

Fig. 10~12にこれまで得られた風のデータとして、2号と4号の同時に測定され風速のスペクトルとギャロッピングを示す。

Fig. 10は、2号鉄塔の頂部36.5mと、25m後方にある4号鉄塔の地上高50m・36.5m・20mの清川だしのスペクトル（実線）およびカルマンスペクトル（破線）である。なお50mの風速計だけがギル風速計で（Photo. 4 風速は水平成分だけを使用）、他はペーン型（プロペラ型）風速計である。10Hzサンプリングで10分間のデータを使用しているが、観測値とカルマンのスペクトルがよく一致しており、地上高20mのスペクトルで、カルマンスペクトルの破線がわずかに確認されるだけである。

Photo. 6 ITV録画システム

Fig. 9 最上試験線観測本館のデータ収集システム

$$\text{カルマン型} \quad \frac{n S_u(n)}{\sigma^2} = \frac{2L \left(\frac{n}{U} \right)}{\left[1 + \left\{ 2cL \left(\frac{n}{U} \right) \right\}^2 \right]^{5/6}}$$

$$c=4.2065 \quad L = L_u$$

$$\text{乱れのスケール} \quad L_u = U \left\{ S_u(0) / 2\sigma^2 \right\}$$

観測データ (実線) カルマンのスペクトル (破線)

Fig. 10 2号鉄塔と4号鉄塔の風速の観測データとカルマンのスペクトル

Fig. 11 ギャロッピング時の振動軌跡の例
8の字ギャロッピング

Fig. 12 8の字ギャロッピングのパワースペクトル

特徴として、

- 2号鉄塔と後方の4号鉄塔の同じ高さでは、2号鉄塔の風速が乱れのスケールが大きい。
- 4号鉄塔の鉛直方向では、当然のことながら、地上高が高いほど乱れのスケールが大きい。
- 地上高50mでは、最も風速が安定している。

また、Fig. 11,12は観測されたギャロッピングの一例である。Fig. 11は、8の字ギャロッピングと呼ばれており、振動の軌跡が8の字を描く。この時の変位の範囲は、水平方向に約6m、垂直方向に約5mである。軌跡が8の字になるのは、Fig. 12に示すように水平変位の周波数（0.18Hz）が、垂直変位の周波数（0.36Hz）のち

ょうど1/2であるためである。

8.おわりに

最上試験線の増設、観測には東京電力（株）電力技術研究所 絶縁機器研究室の皆様には、本当にお世話になりました。また観測の実施の際、各電線メーカー殿をはじめに多くの方々から、協力と貴重な意見を戴きました。ここに関係各位に対して深く感謝致します。

最上試験線での今後の観測は、予定が盛り沢山です。貴重なデータを得るために、関係者一同総力を挙げて取り組んでいます。

今後とも、よろしくお願い致します。