

# 越波監視システムを利用した 道路管理手法について —安全な道路を目指して—

北海道開発局 開発土木研究所  
維持管理研究室 研究員  
安倍 隆二



## はじめに

北海道開発局で管理する国道の中には波浪による通行規制箇所があり、海岸沿いの道路における越波が道路管理者にとって切実な問題となっている。越波そのものによる影響のほかに、越波により石、砂などが国道に飛来し、道路利用者の安全走行上支障をきたしているのが現状である(写真-1、2)。越波の対策工法としては消波ブロック・防護壁の設置、道路施工基面の嵩上げ、ルートの変更等が考えられるが、景観上の問題や道路沿線住民の漁場確保の問題などがあり、やむを得ず越波対策が出来ない箇所や、消波ブロック等が設置されていても越波が発生する箇所については、道路パトロール等による監視が行われているのが現状である。

現道を供用しながら越波を自動的に検知し、未然に越波による事故を防ぐ越波対策として、開発土木研究所では、一般電話回線を用い、画像処理によるセンサーを使用することで、越波が発生すると自動的に現況の静止画像が道路管理事務所に伝送されるシステム<sup>1)</sup>を利用した道路管理手法について研究している。本報告は、越波監視システムの説明と、画像データと海象<sup>2) 3)</sup>・



写真-1 越波状況

気象データから得られた越波の特徴を把握した研究成果<sup>4)</sup>について紹介する。



写真-2 越波により道路上に飛来した石

## 1 越波監視システムについて

越波監視システムの試験箇所としては、通称「黄金道路」と呼ばれている一般国道336号襟裳町目黒の荒磯トンネルの浦河町側を選定した。一般国道336号は波浪のほか落石等による通行規制があり、連続雨量による通行規制基準を設けている。設置した箇所は波浪による通行規制区間内であり、越波の頻度が高い箇所である。

一見、海が穏やかな状態でも、うねりにより道路上に波が上がることがあり、時化状態の時には海岸と反対側の路側にまで越波が到達することもある。

越波監視システム設置箇所は道路を管理する事務所から車で2時間近くかかる距離にあり、越波が発生した際には現況を把握するにはかなりの時間を要し、通信回線による遠隔監視が可能になる利点は大きい。

本システムは、観測地点側に監視カメラ、画像変化

検出装置(画像処理センサー)、静止画像伝送装置(送信用)、画像遅延装置、ビデオデッキの計5台が設置され、道路管理事務所側には、静止画像伝送装置(受



写真-3 旋回窓付監視カメラの設置状況

信用)とディスプレイの2台で構成されている。

通常の道路監視用カメラの収納ボックスは水滴防止にワイパーを使用しているが、本システムの場合、画像処理で越波を検知しているため、ワイパーの動きに誤反応するおそれがあるので、旋回窓を使用している(写真-3)。旋回窓は高速で回転する窓により遠心力で水滴をはじき飛ばし、越波画像を鮮明に送信することができる。

越波監視システムによる越波画像の伝送の流れについて説明する。まず越波が発生すると現地に設置してある監視カメラの画像処理センサーが検知し、静止画像伝送装置(受信側)に信号が行き、静止画像が取り込まれる。取り込まれた静止画像は一般電話回線(アナログ回線)を通じ受信側(道路管理事務所)の静止画像伝送装置を経由してディスプレイに現況が表示される(図-1)。



図-1 越波監視システム構成図

通信速度は通常 9600bps で、精細画質モードを選択した場合、伝送時間は1~2分程度で伝送が終了する。また、携帯電話や多重無線電話を利用しても伝送することができる。静止画像を疑似動画的(最大16コマ)に分割して伝送することも可能であり、任意時間間隔に伝送された静止画像を1回の受信で一つの画面上に並べて表示し、越波の打ち上げ状況、道路路面に及ぼす影響を捉えることができる。試験運用では16分割の画像については1コマの画像が荒く現況が把握しづらいため、現在は1秒間隔毎の4分割の画像伝送を行っている(写真-4)。また、受信側(道路管理事務所)で道路現況を確認したい時には、静止画像伝送装置のスタートボタンを押すことにより現況の静止画像を現場から伝送させ、ディスプレイに表示させることもできる。

本システムの特徴は、画像処理センサーを使用している点である。入力した映像にあらかじめライトペンによりディスプレイ画面上にトリガーポイント(画像の変動に反応するポイント)の範囲を自在に設定しておくことで、その設定したポイント内の映像が変動した時にトリガー信号が発信され、静止画像が送信されるシステムである(写真-5)。

本システムの端末はパーソナルコンピューターに接続可能で、開発土木研究所では、伝送された静止画像は自動的にデジタルファイル化し、通信サーバーに蓄えている。また、実際の越波回数を把握するため現地にパーソナルコンピューターを設置し、10分毎の越波回数をテキストファイルで受信できるシステムに改良してある。

越波画像、越波回数(10分毎)を同時に把握することで越波の収束または増加状況が推測でき、通行規制の判断資料として道路の維持管理に活用できると考えられる。

なお、本システムは暗視カメラを使用することにより、夜間も昼間と同じように監視が可能であるが、現



写真-4 越波監視システムにより伝送された静止画像

状では監視カメラの視野に入る走行車両のヘッドライトが原因で誤反応するため、タイマー制御により夜間については本システムの稼働は行っていない。

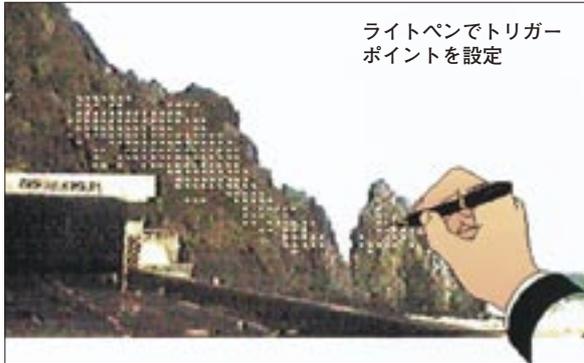


写真-5 画像処理センサーの設定

## 2 越波特性の把握

### 2-1 越波発生時の天気図パターンの特徴

越波システム着信データと地上天気図の関係から越波発生時における地上天気図パターンを3パターンに分類した(図-2)。

#### 1) パターン I

本州を中心に西側低圧部、東側が高圧部のときに太平洋で吹く南東系の強風による風浪がうねりとして対象地点に進入してくるパターン。

#### 2) パターン II

低気圧または台風が太平洋岸あるいは日本海を進み、千島近海で発達し、北東系の強風による風浪あるいはうねりが進入し越波を引き起こすパターン。

#### 3) パターン III

台風が日本の南にあり、台風によるうねりが進入して越波を引き起こすパターン。周期が他のパターンより長いことが多い。また、千島近海まで進むとパターン II になり越波を引き起こす。

天気図パターンを3種類に分類したが、単独にひとつのパターンのみが現れるのではなく、低気圧等の進行に伴い、パターンが移り変わる場合もある。

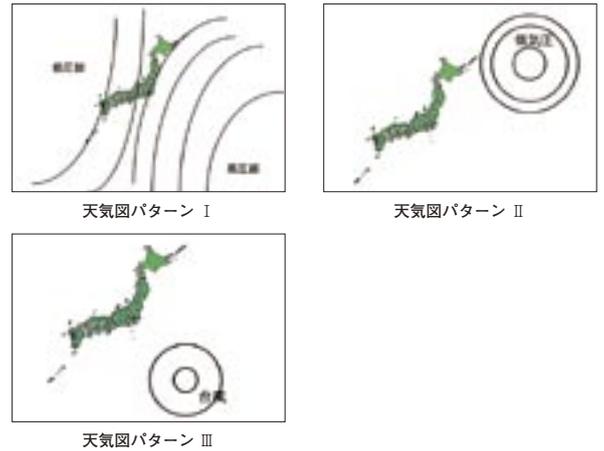


図-2 越波発生時の天気図パターン

### 2-2 越波監視システム着信回数と気象・海象データの関連

越波は一般に波高・潮位が高いほど発生しやすいと考えられるが、一連の波群中には高い波、低い波があり、今回の調査では有義波(20分間の波浪観測により波高の高い波から数えて、全体波数の1/3を選び出し、それらの波の平均値に等しい波高、周期を有する波)を使用して関連を調査した。潮位については庶野漁港<sup>2)</sup>、有義波については大津漁港<sup>3)</sup>のデータを使用している。

#### 1) 水位、潮位および波高と着信回数の関係

有義波高+潮位を水位とし着信回数(時間当たり)と水位の関係を求めた。図-3から判断すると水位が150cm以上で越波が発生することがわかる。潮位と着信回数については60cm以上の潮位で越波が発生している(図-4)。潮位と着信回数については図-5に1996年9月の事例を示すが、潮位の変動に伴い着信回数変動し、満潮時における越波回数が大きくなっているのがわかる。

#### 2) 周期と着信回数の関係

波を正弦波と考え、水深  $h$  が無限大の場合は『位相速度 = 1.56 T』の関係にあり、波は周期が長いほど波速が大きくなり運動エネルギーは大きい。図-6、7に波の周期と越波回数の関係を示すが、周期が6秒以下の場合には越波の発生はない。周期が10秒以上では水位の増加に伴い着信回数の頻度が高くなっているのがわかる。

### 2-3 波浪注意報・波浪警報と越波の関係

1995年10月～1997年9月の2年間における十勝地方海上沿岸に発表された波浪注意報・警報と越波着信データの関係について調査を行った。なお、十勝地方の波浪注意報・警報の発表基準は以下の通りである。

波浪注意報……有義波高 3m以上

波浪警報 ……有義波高 6m以上

波浪注意報・波浪警報は海岸から20海里までの波

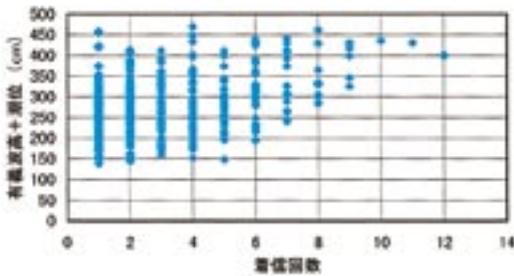


図-3 水位と着信回数との関係

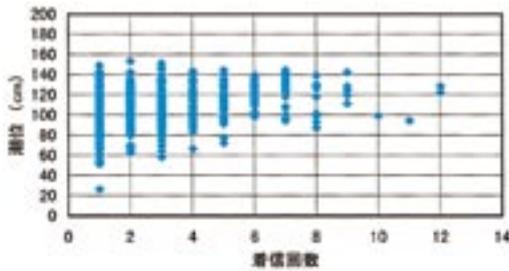


図-4 潮位と着信回数との関係

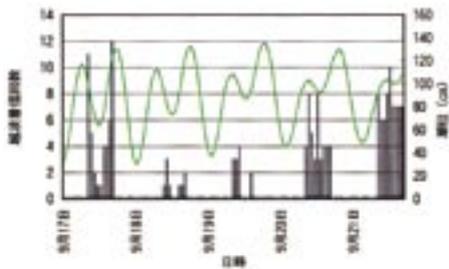


図-5 潮位と着信回数との関係（日変動）

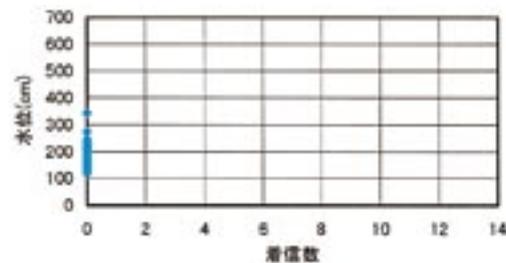


図-6 水位と着信回数との関係（ $T < 6\text{sec}$ ）

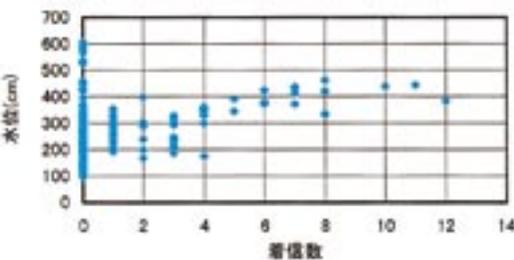


図-7 水位と着信回数との関係（ $T \geq 10\text{sec}$ ）

高状況を考慮して発表されるので、沖合には高波が予想されても風の向き（波の向き）によっては沿岸部で波が高くなるとはかぎらない。離岸風（海岸から沖に向かう風）の場合は沿岸域では一般に穏やかな場合が多い。そこで注意報・警報時における越波着信状況との関係

を調査した。表-1に波浪注意報・波浪警報時と越波着信の関係を示す。必ずしも注意報・警報時における越波の発生はなく、30%程度の越波発生確率となっているが、高波域の分類で沿岸の波高が高くなるケースでは発生確率43.5%と高くなる。沿岸の波高が低いケースでは注意報・警報時での越波発生は非常に小さい確率であることがわかる。

表-1 波浪注意報・警報と越波着信との関係

高波域の分類	沿岸からの風向き	沖合からの風向き・うねり	合計
注意報・警報回数	51	92	143
越波監視システム着信有り（回数）	3	40	43
越波発生確率（%）	5.9	43.5	30.6

### 3 越波監視システムを利用した道路維持管理手法について

調査結果を基に越波監視システムを利用した道路維持管理手法としては以下の項目が重要となる。

- 1) 越波が発生しやすい天気図のパターンが3ケースある。パターン①は周期が長い場合が多い。
- 2) 越波発生の条件は、水位潮位+波高が150cm以上、波の周期が6秒以上で発生する確率が高い。
- 3) 波の周期が長くなるほど波の運動エネルギーが大きくなり、越波の頻度が高くなる。周期が10秒以上になると越波の頻度が高い。
- 4) 潮位の上昇とともに越波の頻度は高くなる。越波が発生している時は、満潮時において越波の頻度が高くなる危険性がある。
- 5) 波浪警報・注意報発表時には必ずしも越波は発生しないが、発表時の波向き（風向き）が沿岸に向かう場合では越波の確率は高くなる。

上述の項目を参考にし、越波監視システムから送られてくる画像により越波の規模・頻度を確認しながら現地の状況を把握し、波浪注意報、波浪警報発表の有無、気象配置図を参考にし、必要に応じて現場パトロールを実施し、通行規制の判断資料として今後の道路の維持管理に活用できると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 千葉、石本、加治屋：画像処理による越波監視システムの開発について、開発土木研究所月報、1996.2
- 2) 浦河港湾建設事務所：庶野漁港潮位観測資料
- 3) 十勝港湾建設事務所：大津漁港沖波浪観測資料
- 4) 安倍、高橋：越波監視システムを利用した道路管理手法について、第22回日本道路会議論文集、1997.12