

富山湾における高波災害発生時の特徴把握

水圏防災研究室 金村 昂

指導教官 犬飼 直之

1. はじめに

本研究で対象とする富山湾は海岸線総延長約 147km で、海底は複雑な地形と富山湾特有の「寄り回り波」や冬期風浪などの海象条件があいまって全国でも有数の侵食海岸となっている。

富山湾周辺海域では、古くから日本海から低気圧が通過すると、「うねり性波浪」が発生し、甚大な被害が発生することが知られている。国土交通省は、高波浪の予測システムを開発しており、うねり性波浪が発生する場合は非常態勢をとるなど、様々な対策を行った。しかし 2019 年 10 月に発生した台風 19 号によって富山湾を中心に被害が発生した。今後このような被害を抑制するためには、台風や大型の低気圧への対策をより強化していく必要がある。

富山湾での波浪特性に関する既往研究としては、長岡技術科学大学課題研究として発表された上原の研究⁸⁾が挙げられ、この研究によって 2019 年台風 19 号接近時、及び 2008 年～2017 年の新潟県周辺の波浪特性が明らかになっている。

しかし、その対象とする期間が、10 年と短かったこと、富山湾周辺で高波浪となる条件が明らかになっていないことなどの課題が残っていた。

本研究では、富山湾周辺で高波浪となる条件を解明するため、富山湾での波浪と天気図との関連性を明らかにすることで、富山湾で高波浪となる可能性がある気象を、簡易的に予測することを目的とする。また、対象とする期間を 2001 年～2019 年の 19 年間とすることで、より詳細な波浪特性の把握を行った。

2. 富山湾での波浪と天気図の関係

富山湾での波浪と天気図の関係性の把握のため、富山湾で高波浪となった日時の抽出と、その時の天気図について調査を行った。なお、対象とする期間は 2001 年～2019 年、観測地点は伏木富山港伏木とした。

富山湾で高波浪となる日時について調査した結果、台風・低気圧が接近しており、その経路は本州南方を東進、関東上空を北東進、中部上空を北進、三陸沖で停滞の 4 パターンであり、通常の台風・低気圧の経路の経路である日本海を東進と合わせて 5 パターンに大別した。

表 1 に台風・低気圧の経路と波向、有義波高、周期をまとめた。表 1 が示すように、2001 年～2019 年で有義波高 3m 以上となったイベントは 15 件あった。また、その時の台風・低気圧の経路は関東上空を北東進が最も多く、有義波高 4m 以上となるケースも 4 件存在したため、最も注意が必要であることが分かった。

さらに、波向については、有義波高増大時、概ね NE または NNE となっており、これらの波向の時、有義波高が増大しやすいことが分かった。加えて、波向 NNE の時、最も波高が増大しやすいことも判明した。

表 1 台風・低気圧の経路と波向、有義波高、有義波周期まとめ

3m 以上の有義波高出現日時	イベント	進行パターン	波向	有義波高、有義波周期
2002 年 12 月 10 日 4 時	低気圧	本州南方を東進	NE	3.1m, 7.2s
2004 年 10 月 20 日 22 時	台風 23 号	関東上空を北東進	NNE	6.53m, 8.4s
2006 年 10 月 6 日 22 時	台風 23 号	関東上空を北東進	NNE	3.12m, 7.1s
2008 年 2 月 24 日 14 時	低気圧	三陸沖で停滞	不明	4.22m, 14.2s
2009 年 1 月 31 日 10 時	低気圧	本州南方を東進	NNE	3.21m, 8.0s
2011 年 5 月 30 日 2 時	台風 2 号	本州南方を東進	NE	3.16m, 7.2s
2011 年 9 月 21 日 16 時	台風 15 号	関東上空を北東進	NE	3.95m, 7.6s
2013 年 10 月 16 日 10 時	台風 26 号	関東上空を北東進	NNE	3.47m, 9.3s
2014 年 2 月 15 日 8 時	低気圧	関東上空を北東進	NE	3.36m, 7.8s
2014 年 10 月 6 日 8 時	台風 18 号	本州南方を東進	NE or NNE	3.10m, 7.1s
2014 年 10 月 13 日 20 時	台風 19 号	関東上空を北東進	ENE	4.14m, 7.7s
2015 年 9 月 9 日 12 時	台風 18 号	中部上空を北進	NE	3.36m, 7.8s
2017 年 10 月 23 日 0 時	台風 21 号	関東上空を北東進	不明	4.80m, 8.9s
2018 年 3 月 5 日 22 時	低気圧	本州南方を東進	NE	3.21m, 9.0s
2019 年 10 月 12 日 20 時	台風 19 号	関東上空を北東進	NNE	4.76m, 9.8s

3. 富山湾での気圧勾配

3.1 気圧勾配の算出方法

本研究では、気象庁の公表している地上気象観測のデータを取得し、気圧勾配を算出した。図 1 に本研究で取得した気圧の観測所の位置を示す。これらの対象地点を富山湾が中心となるよう 2 地点選び、気圧勾配の算出を行った。なお、その 2 地点の選び方は①輪島～伏木、①' 輪島～高山、②金沢～高田、③輪島～高田、④輪島～金沢の 5 通りである。

そして、表 2 が示すように、今回対象とする日時について、天気図から対象地点を選ぶ map と気圧勾配が最大になる地点を選ぶ max に分け、気圧勾配を算出した。なお、タイプ名に I とついているものは①、②、③、④から、タイプ名に II とついているものは①'、②、③、④から選んでいる。

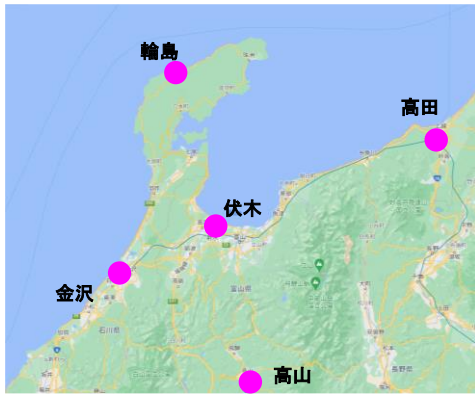


図1 気圧の観測地点

表2 対象とする日時とタイプ分け

対象とする日時	タイプ	対象地点の選び方	対象地点
有義波高 3m 以上となった日時 (2000年~2019年)	map I	天気図から読み取り	①~④
	map II	天気図から読み取り	①' ~④'
	max I	気圧勾配が最大になる対象地点	①~④
	max II	気圧勾配が最大になる対象地点	①' ~④'
有義波高 2m 以上となった日時 (2016年~2019年)	max I	気圧勾配が最大になる対象地点	①~④
	max II	気圧勾配が最大になる対象地点	①' ~④'
2019年全時刻	max I	気圧勾配が最大になる対象地点	①~④
	max II	気圧勾配が最大になる対象地点	①' ~④'

3.2 気圧勾配と有義波高の関係

前述した方法で気圧勾配を算出し、有義波高との関係を求めた。図2は有義波高3m以上となった日時における気圧勾配と有義波高の関係である(左図max I, 右図max II)。図より、気圧勾配の増加に伴って、有義波高も増加していることが分かる。しかし、これらの関係にはばらつきがあり、その原因は気圧勾配の急激な変化と、うねり性波浪によるものと判明した。なお、map Iとmap IIについてはmax Iとmax IIに比べ上記の関係が見られなかったため、この後の計算においては算出していない。

さらに、有義波高2m以上となった日時、2019年の毎時についても同様に気圧勾配と有義波高の関係を求めた。これらの結果から、気圧勾配が増加しても、有義波高が増大しにくいことがあり、それは風向きが南寄りの場合だと判明した。さらに、気圧勾配が比較的小さく、波向きがSの場合でも有義波高が増大することがあるが、その場合うねり性波浪が発生していることが分かった。

これらのことから富山湾で波高が増大する場合は、うねり性波浪時または関東上空を北東進(気圧勾配0.02hPa/km以上、風向きNNE)であることが判明した。

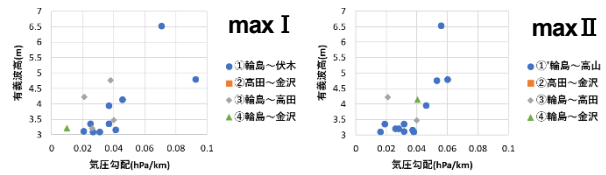


図2 気圧勾配と有義波高の関係 (2001年~2019年, 有義波高3m以上時)

4. 有義波高の推算

本研究では、有義波高増大時の吹送距離を確認するため有義波高の推算を行った。その際、必要な吹送距離と風速はメソ数値予報モデルを用いて取得した。

以下にその一例を記述する。図3は2011年9月21日の海上風の流線分布図、図4は、SMB法による波高の推算結果である。図4より有義波高は約3.7m、有義波周期は7.5sで、この時の実際の有義波高は3.95m、有義波周期7.6sと概ね一致している。また、図4が示すように吹送距離は、約180kmであったため、波が増大するまでに十分な吹送距離であったことが分かる。

このようにして有義波高3m以上時について、有義波高と有義波周期を求め、実測値との比較を行った。その結果を表3にまとめる。表より、最大波高以前の時間において吹送距離が大きく変化していないケースについては概ね有義波高が推算できた。また、富山湾では有義波高が増大する場合でも有義波周期が比較的小さくなる場合があり、それは吹送距離が短く、風速が速いことが影響していることが分かった。

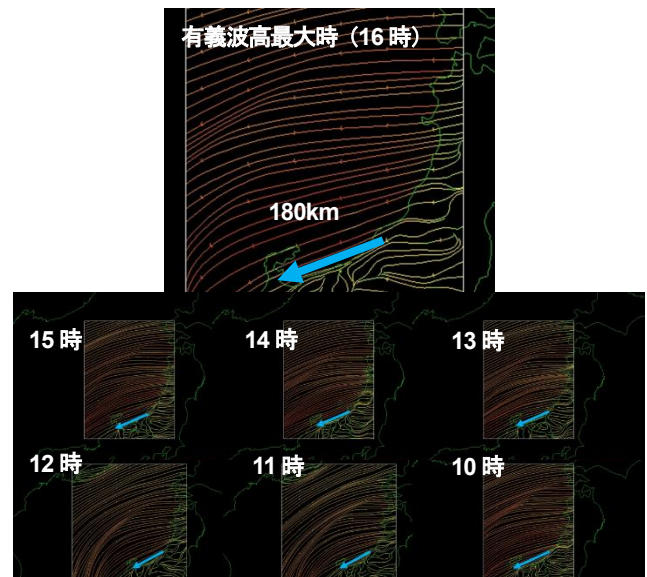


図3 海上風の流線分布図 (2011年9月21日)

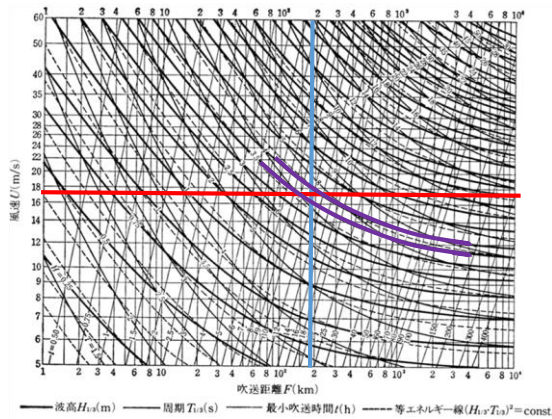


図4 SMB法による有義波高の推算
(2011年9月21日16時)

表3 吹送距離, 風速, 有義波高, 有義波周期まとめ

3m以上の有義波高 出現日時	風速 (m/s)	吹送距離 (km)	有義波高(m)		有義波周期(s)	
			推算値	実測値	推算値	実測値
2002年12月10日4時	8.6	130	1.3	3.10	4.7	7.2
2004年10月20日22時	14.8	280	3.5	6.53	7.4	8.4
2006年10月6日22時	17.0	380	3.5	3.12	8.5	7.1
2008年2月24日14時	7.2	50	0.8	4.22	3.5	14.2
2009年1月31日10時	13.5	430	3.4	3.21	7.7	8.0
2011年5月30日2時	18.1	280	4.5	3.16	8.6	7.2
2011年9月21日16時	16.9	180	3.7	3.95	7.5	7.6
2013年10月16日10時	12.4	50	1.7	3.47	4.8	9.3
2014年2月15日8時	15.4	190	3.3	3.36	7.0	7.8
2014年10月6日8時	12.9	210	2.7	3.10	6.5	7.1
2014年10月13日20時	14.8	170	2.9	4.14	6.5	7.7
2015年9月9日12時	16.7	100	3.1	3.36	6.5	7.8
2017年10月23日0時	22.1	420	6.9	4.80	10.3	8.9
2018年3月5日22時	11.0	80	1.7	3.21	4.9	9.0
2019年10月12日20時	14.5	320	3.5	4.76	7.5	9.8

5. まとめ

以上のことから、富山湾で高波浪となるときの、うねり性波浪または台風・低気圧が関東上空を北東進（気圧勾配0.02hPa/km以上）することが分かった。また、高波浪時の有義波高を推算した結果、富山湾では有義波高が増大する場合でも有義波周期が比較的小さくなる場合があり、それは吹送距離が短く、風速が速いことが影響していることが分かった。

6. 参考文献

- 1) 気象庁 全国への台風接近数 から引用（閲覧日：2022年1月23日）
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/accession/accession.html>
- 2) 富山県 海岸の概要 から引用（閲覧日：2022年1月23日）
<https://www.pref.toyama.jp/1503/kendodukuri/dourokouwan/kouwan/kj00015225/kj00015225-001-01.html>
- 3) 気象庁 令和元年東日本台風(台風第19号)による

大雨、暴風等 から引用（閲覧日：2022年1月23日）

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/20191012.html>

- 4) 国土交通省「令和元年台風19号による被害状況等について第54報（2020年4月10日）第九管区海上保安本部 より（閲覧日：2022年1月23日）

https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_191211.html

- 5) 国土交通省港湾局 全国湾岸海洋波浪情報網 ナウファス より引用（閲覧日：2022年1月25日）

https://nowphas.mlit.go.jp/about_nowphas/

- 6) 気象庁 地上気象観測網 から引用（閲覧日：2022年1月25日）

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/nowphases/surf.html>

- 7) 気象庁 各種データ・資料 からデータを取得（閲覧日：2022年1月25日）

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=55&block_no=47606&year=&month=&day=&view=

- 8) 「2019年の台風19号通過時における新潟県周辺海域の波浪特性の把握について」：2019年に上原直也氏が課題研究として発表

- 9) 富山地方気象台 富山湾の地形と寄り回り波について から引用（閲覧日：2022年1月25日）

<https://www.jma-net.go.jp/toyama/document/yorimawari.html>

- 10) 気象庁 過去の天気図 日々の天気図 から引用（閲覧日：2022年2月2日）

<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>

- 11) 千三つさんが教える土木工学 より引用（閲覧日：2022年2月8日）

<https://sites.google.com/view/senmitsu>

- 12) 気象庁 数値予報 メソモデル・局地モデル より引用（閲覧日：2022年2月8日）

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/nowphases/whitep/1-3-4.html>

- 13) 気象庁データ NETCDF化した数値予報GPVデータ からデータ取得（閲覧日：2022年2月8日）

<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-netcdf.html>

- 14) Unidata IDVのダウンロード より、IDVソフトをダウンロード（閲覧日：2022年2月8日）

<https://www.unidata.ucar.edu/downloads/idv/current/index.jsp>