

2023年12月4日
第14回歴遊会かねさは

1856年安政江戸台風(安政3年の大風災) による高潮、高波の試算

福谷 陽
関東学院大学理工学部 准教授

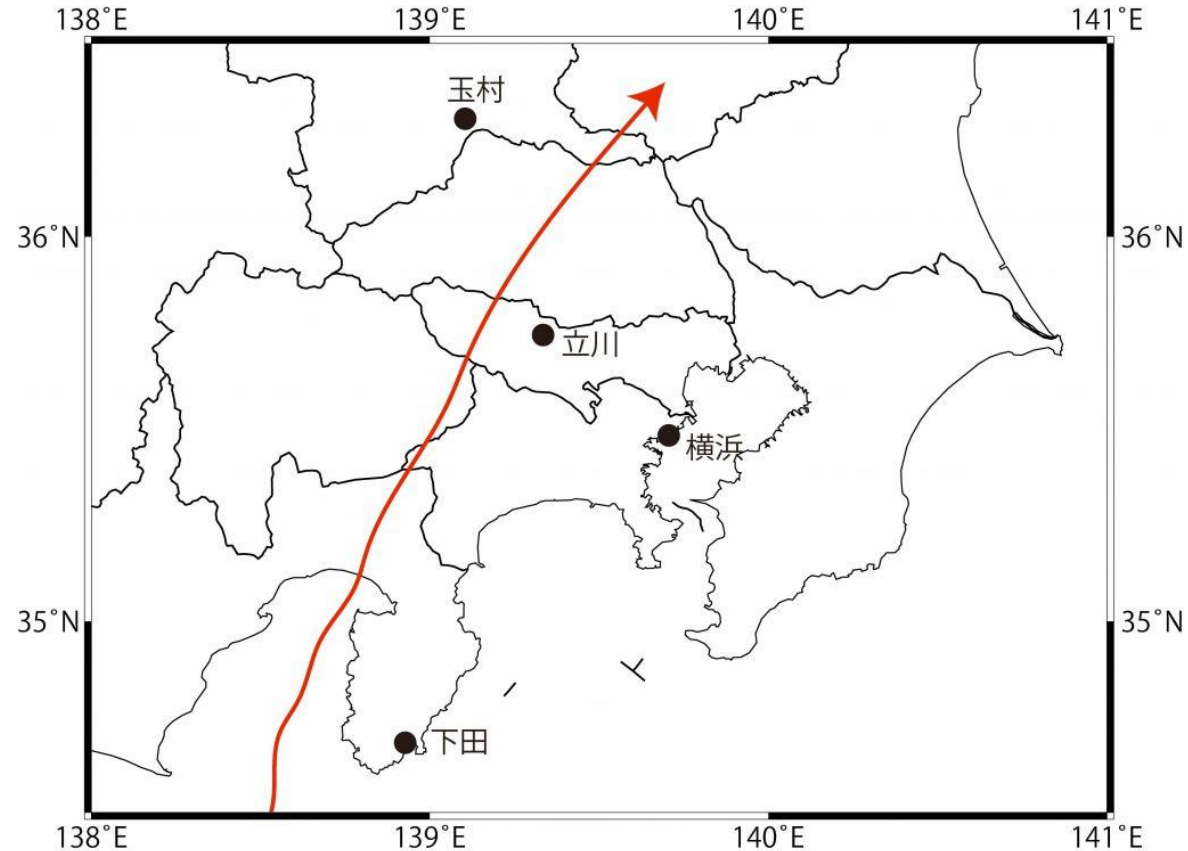
安政江戸台風の概要

■台風通過日

1856年9月23日から9月24日(安政3年8月25日から26日)に関東周辺を通過し、江戸湾で大規模な高潮被害が発生

■経路(平野(2017)による推測)

静岡県伊豆半島付近に上陸し、江戸のすぐ西を通過。その後、関東地方北部、東北地方へ進んだと推定(ただし、坂崎ら(2015)は伊豆半島東側を北上、と推測)



【出典】平野順平(2017)歴史イベントと気候との関わりをどう教えるか—歴史気候学からの視点, 歴史と地理708: 地理の研究197号

安政江戸台風の概要

表1 「安政江戸台風」襲来前後の各地の風向変化
1856年9月23日—9月24日(安政3年8月25日—8月26日)

	9月23日	9月24日
ハリス日本滞在記 下田	東南東→激しい颱風→ 南南東の風→南南西の 風→西北西の風	
関口日記 横浜	亥ノ刻前より大嵐 東風→巽風(南東風)	晴天
鈴木平九郎公私日記 立川	夜ニ入冷気を暖ク返し 南風出、夜四ツ時より 大雨降る	(昨夜)昨夜ニ入東風吹 出し→西ニ返し追々和 らき候
三右衛門日記 玉村町	フル	(昨夜)大嵐丑寅(北東 風)→夜七ツ頃カ北風 ニ成る

矢印は風向の変化を示す。 【出典】平野(2017)

- 日記に書かれた風向変化や天気(晴や大雨など)の記述が、台風の経路を推定するのに役立つ

参考文献

- 1) ハリス, T. 著, 坂田精一訳 (1954) 『ハリス日本滞在記(中)』岩波文庫.
- 2) 横浜市文化財研究調査会 (1979) 『関口日記第13巻』横浜市教育委員会.
- 3) 公私日記研究会 (2015) 『鈴木平九郎公私日記改訂版第5巻』立川市教育委員会.
- 4) 玉村町誌刊行委員会 (1998) 『町誌別巻6 三右衛門日記(三)』玉村町

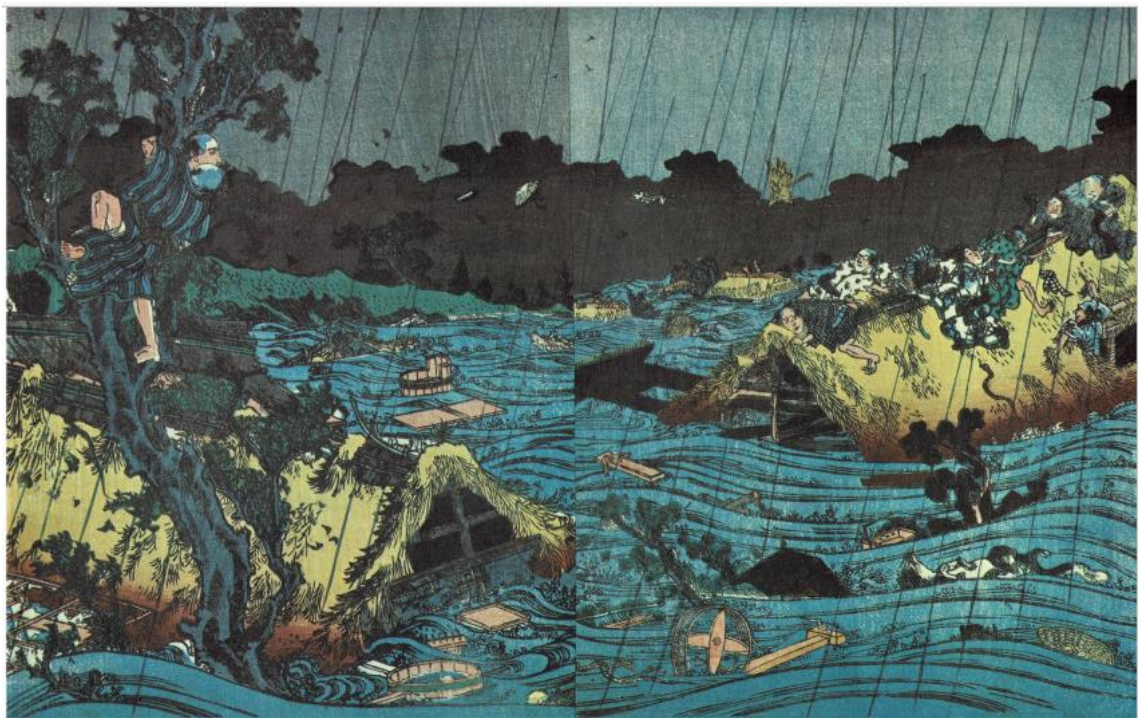
高潮被害の概要

- 一説には、死者約10万人と推定
- 伊豆半島西側、三浦半島東側～東京湾の西側(芝・品川・本所・深川など)にかけての広い範囲で床上三尺(約1m)の水深が推定
(坂崎ら(2015)の記述)
- 東京湾では最大水位2.5m～3.2mに達する高潮が発生し、水路や川が氾濫(鎌ヶ谷市HPの記述)
- 高潮被害により、江戸や浦安、市川、船橋で浸水が発生し海のようなだった
- 木造建築が多く、風に弱いため倒壊した建物から火災も発生



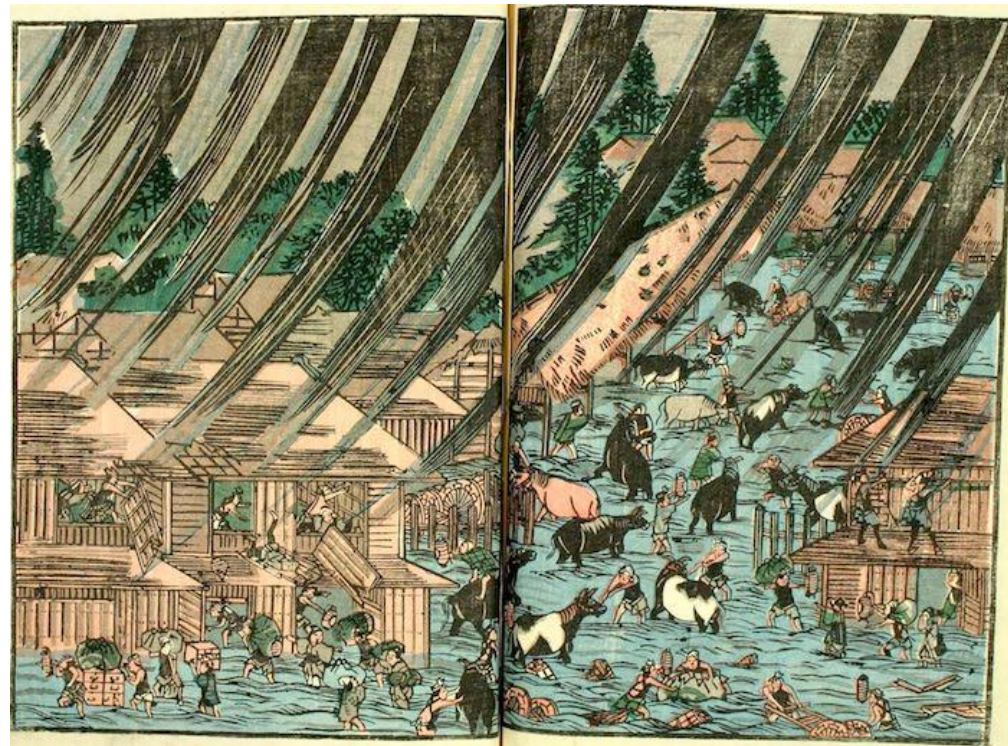
『安政風聞集』の被害記録マッピングの図。
赤点が高潮の記述があった地点。
(坂崎ら, 2015)

高潮被害の概要



現在の江東区大島にある本所羅漢寺付近の高潮の様子(安政風聞集より、作者不明)

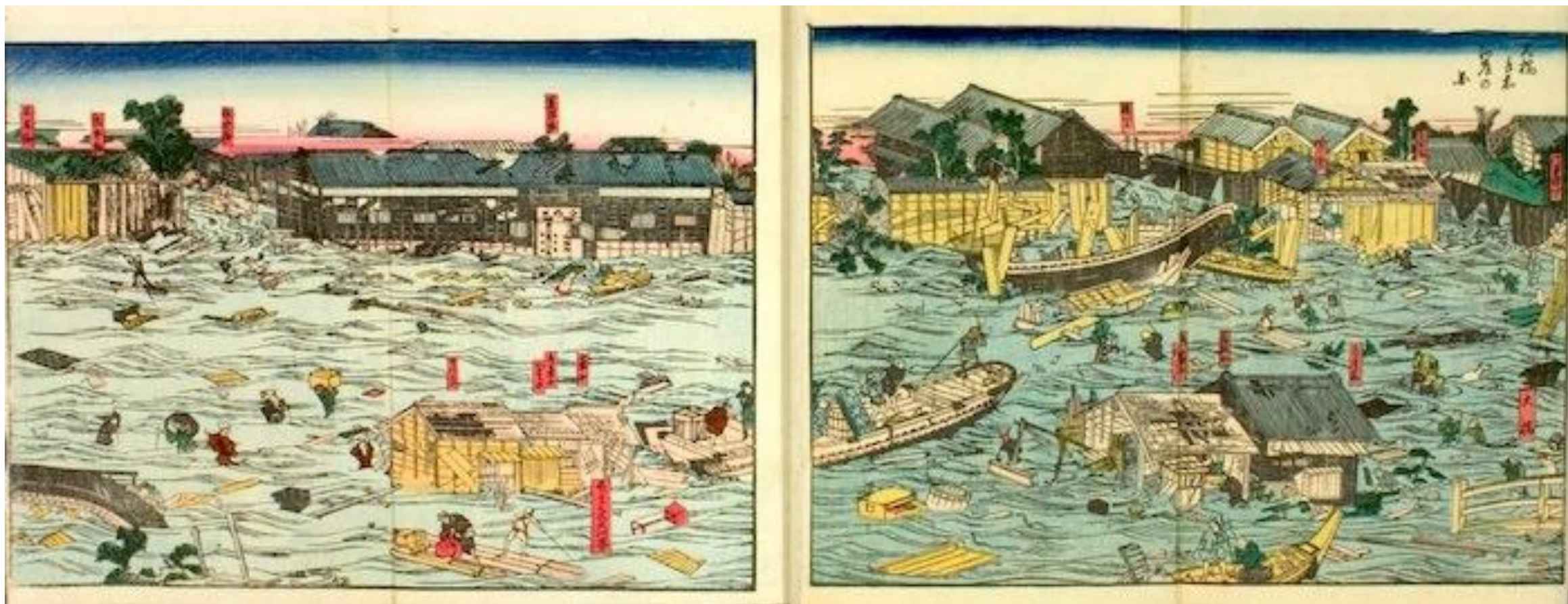
※この付近には荒川があり、高潮に加えて、洪水氾濫により家が流され、町全体が海のようになったのではないかと推測される。
(平山先生より情報提供)



江戸の様子(『安政風聞集』より)

<https://edo-g.com/blog/2019/10/typhoon.html>

高潮被害の概要



江戸の様子(『安政風聞集』より)

<https://edo-g.com/blog/2019/10/typhoon.html>

安政風聞集(あんせいふうばんしゅう)

- 金屯道人 (きんとんどうじん) こと仮名垣魯文による風水害ルポ。安政4年 (1857) 刊
- 倒壊した築地西本願寺の本堂や半壊した永代橋など、すさまじい風雨の爪あとを多色刷りの図と文章で紹介すると共に、洪水のなか幼児を背負い大木にしがみついて夜を明かし九死に一生を得た男の話ほか災害が生んだ奇談悲話も載せています。
- 全3冊



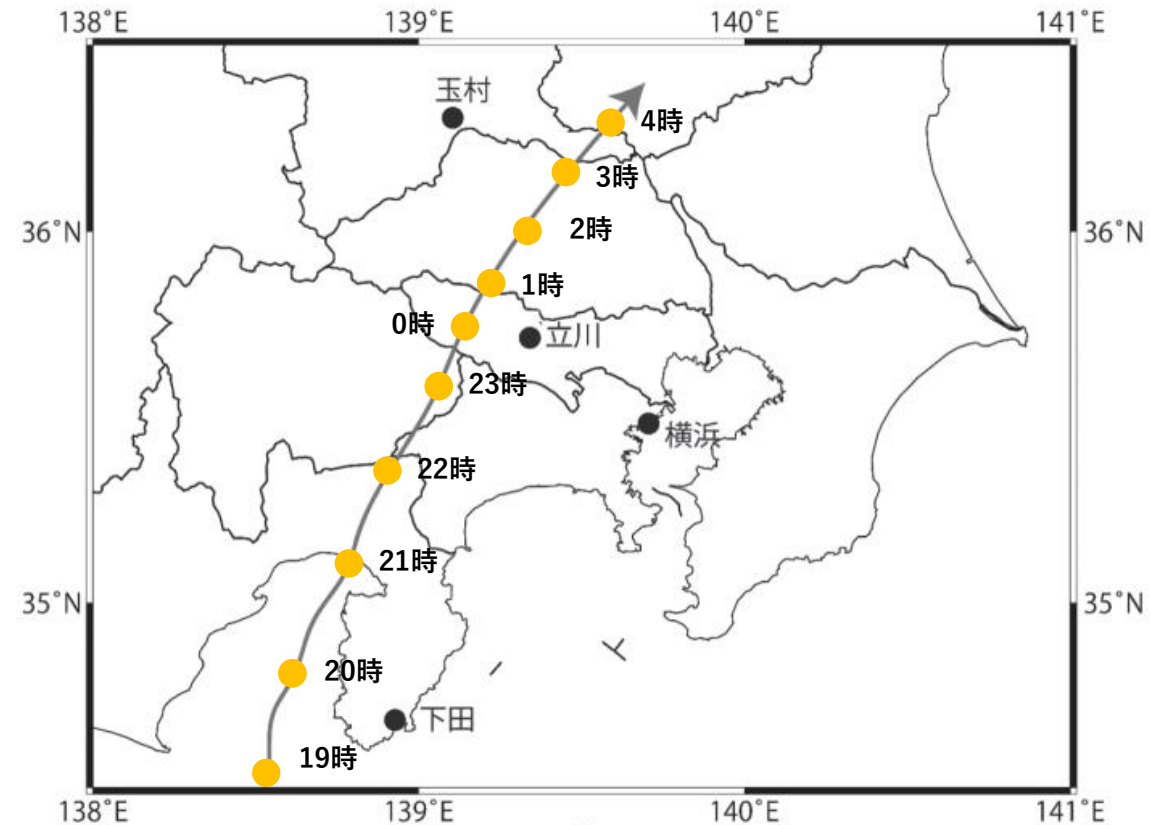
あり下畧
紙の六枚の端本ありて作者大に教人とあり 鄙びたる書あり成
是と今附のさまで續はふ金巻てよくひのけり
○ 予が友物事は教源川に在る万葉屋の仮宅に於て居たり一々
教明はる波勢んふ相寄りて麻ふ不運く旨もく遊ふふ倍
去る六假人も階子よりあふぬらんとする所ふもはるる冷方あり
其の二階へはぬり橋よりしてをさそと見渡すとふ樹一ありのたれと
ありとささぐく橋のぞくふさうやうてふ株の傍に居る二階のひんて平
まふる人月さへるめく極あり一が甚るるはあめく吸ひちちあふく
ありて流ありくふ減りてふ由をを為る者も二階とむりしてとまて
よふあふるをを教明のふ及び一とあり

天候記録の記述から推定した台風の通過時刻

- 台風が関東地方を通過した時間を1856年9月23日19時～24日4時と推定
- 横浜や立川では、22時頃に次第に風が強くなっていることが分かり、東風や南風が吹いていると推定される場所にプロット
- 玉村では、4時頃に北風が吹いていることが分かっているため、玉村の東側にプロット

当時の日記に記録された天候(平野ら, 2017))

地名	9月23日	9月24日
静岡県下田市		
神奈川県横浜市	22時頃(亥の刻)前に激しい暴風雨	晴れ
東京都立川市	22時頃(亥の刻)に大雨が降り出す	昨夜に東風が吹き出し、徐々に和らぐ
群馬県玉村町		昨夜に北東風が吹き出し、4時頃(七つ)北風が変わる。



設定した台風情報

- 台風の中心気圧はデータが得られないため、まずは、2019年台風15号(上陸時955Pa程度)の気圧を当てはめた
- 以下の台風情報を設定して高潮計算に使用

日付	時間	緯度	経度	気圧の低下量(h Pa)	最大風速半径(km)	移動速度(km/h)
1856年 9月23日	19時	34.525	138.583	960	21.30	30.4
	20時	34.796	138.630	960	21.30	30.4
	21時	35.117	138.793	960	21.30	38.6
	22時	35.377	138.916	960	21.30	30.9
	23時	35.594	139.084	960	21.30	28.5
1856年 9月24日	0時	35.715	139.135	960	21.30	14.2
	1時	35.872	139.203	960	21.30	18.5
	2時	36.025	139.319	960	21.30	19.9
	3時	36.174	139.487	970	19.17	22.4
	4時	36.288	139.593	970	19.17	15.8

高潮推算の基礎方程式(SuWAT)

連続の式
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

X軸方向の運動方程式
$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) = fN - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial p_o}{\partial x} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho_w} + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right)$$

Y軸方向の運動方程式
$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) = fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial p_o}{\partial y} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho_w} + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right)$$

速度変化項
(非定常項)

移流項

コリオリ項

重力項

気圧傾度項

せん断応力項

拡散項

ラディエーション応力項
(Radiation Stress)
※波の存在により流体内部に生じる応力

η : 静水面からの海面上昇量

M : x軸方向の流量フラックス(海面から海底までの流速の積分量)

N : y軸方向の流量フラックス(海面から海底までの流速の積分量)

D : 海面から海底までの水深

f : コリオリ係数

p_o : 海面での大気圧

ρ_w : 海水密度

τ_{sx}, τ_{sy} : 海面せん断応力(風が海面に及ぼす接線応力)

τ_{bx}, τ_{by} : 海底面せん断応力(海底からの摩擦力)

A_h : 水平渦動粘性係数

S_{xx}, S_{yy} : ラディエーション応力テンソル項

高波推算の基礎方程式(SWAN)

波作用量平衡方程式

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial C_x E}{\partial x} + \frac{\partial C_y E}{\partial y} + \frac{\partial C_\theta E}{\partial \theta} = S_{net} \\ \\ S_{net} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{btm} \end{array} \right.$$

移流項
屈折項
エネルギー
外力関数

$E(f, \theta)$: 波浪2次元スペクトル

$C_x(f), C_y(f)$: 各空間での群速度(波エネルギーの進む速さ)

S_{net} : 波浪スペクトルに対するエネルギーの入出力を表現する
外力関数

S_{in} : エネルギー入力(風による風浪の発生・発達)

S_{nl} : 非線形エネルギー輸送(波と波の相互作用、3波・4波共鳴)

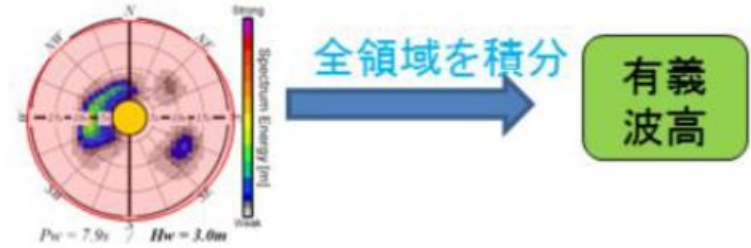
S_{ds} : エネルギー散逸(逆風や砕波による波浪の減衰)

S_{btm} : 海底摩擦

有義波高 $H_{1/3}$ ・卓越周期 \bar{E} の算出

$$H_{1/3} = 4.0 \sqrt{\iint E(f, \theta) df d\theta}$$

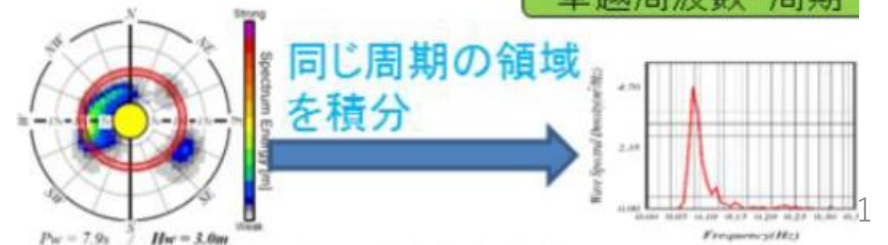
全方位、全周波数の波のエネルギーを積分し、その平方根に4.0を乗じる



$$\bar{E}(f) = \int_0^{2\pi} E(f, \theta) d\theta$$

その値が最大となる(スペクトルピーク)周波数(周期はその逆数)

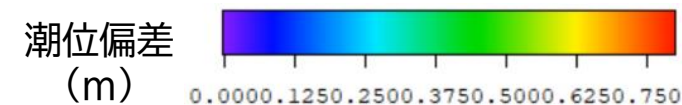
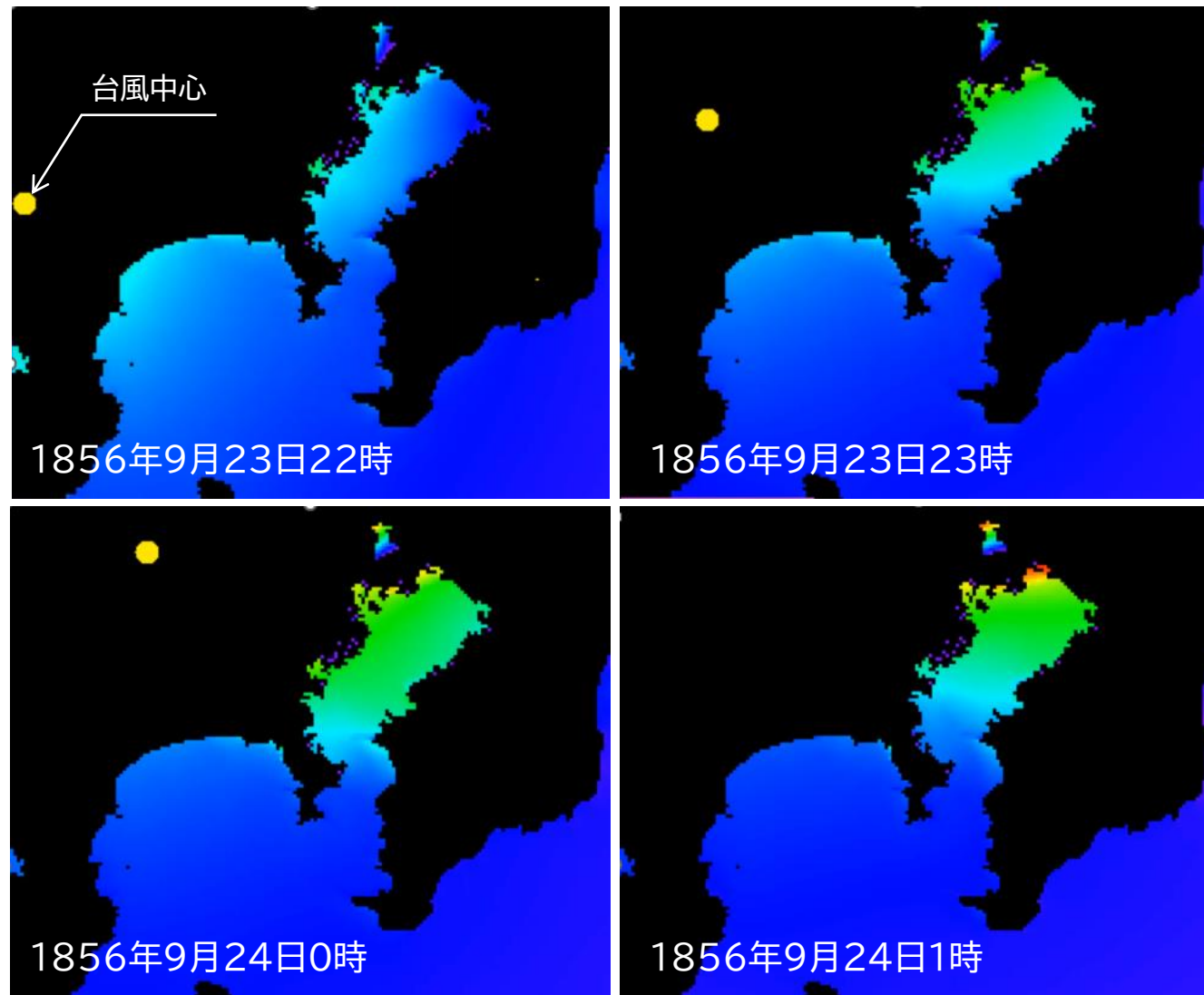
卓越周波数・周期



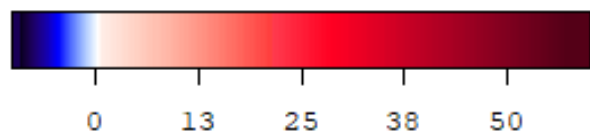
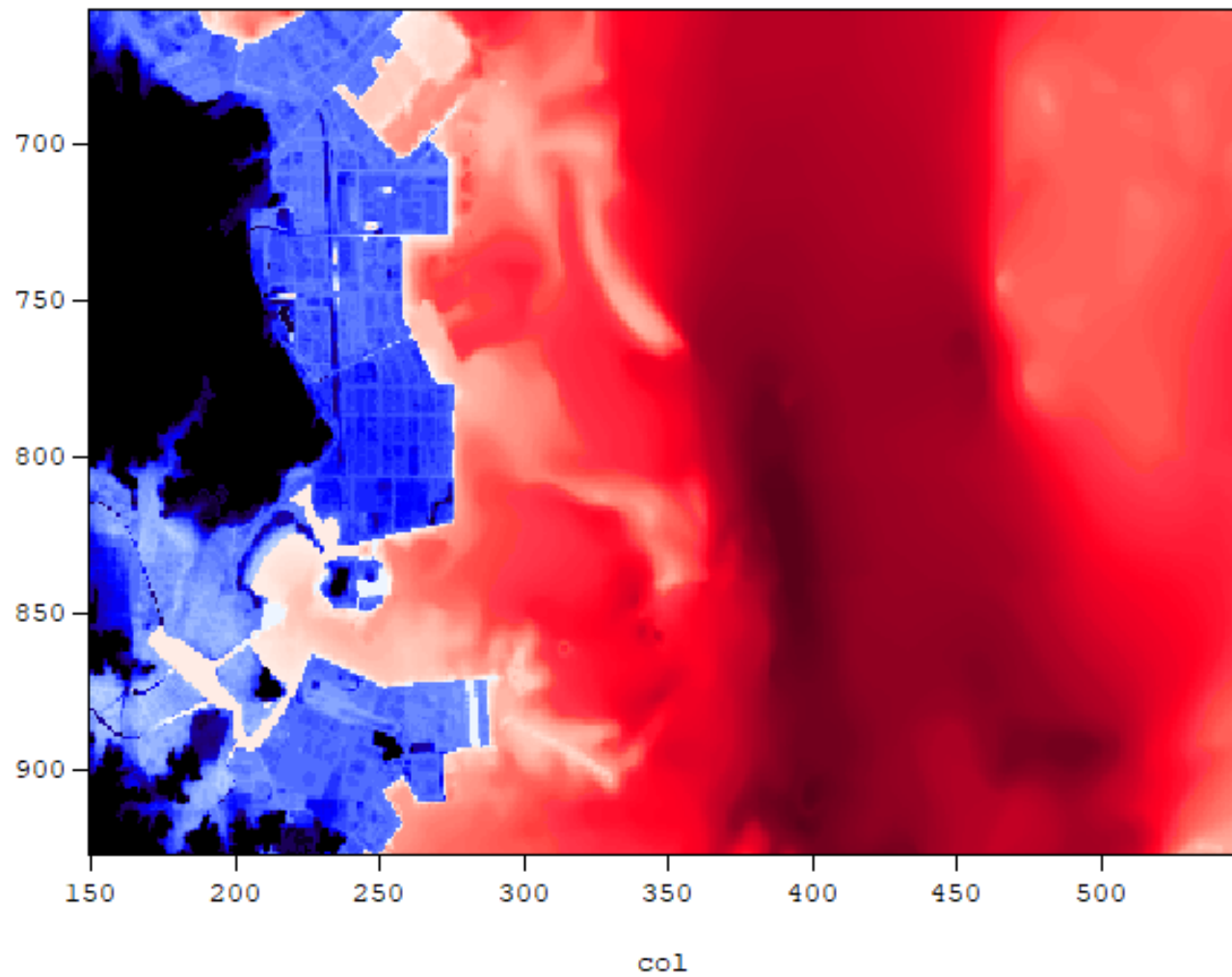
高潮・高波の計算結果



- 東京湾奥で最大約1m超、金沢沖では最大約0.5mの潮位偏差
- 金沢沖の潮位偏差は、2019年台風15号の潮位偏差よりは低くなった

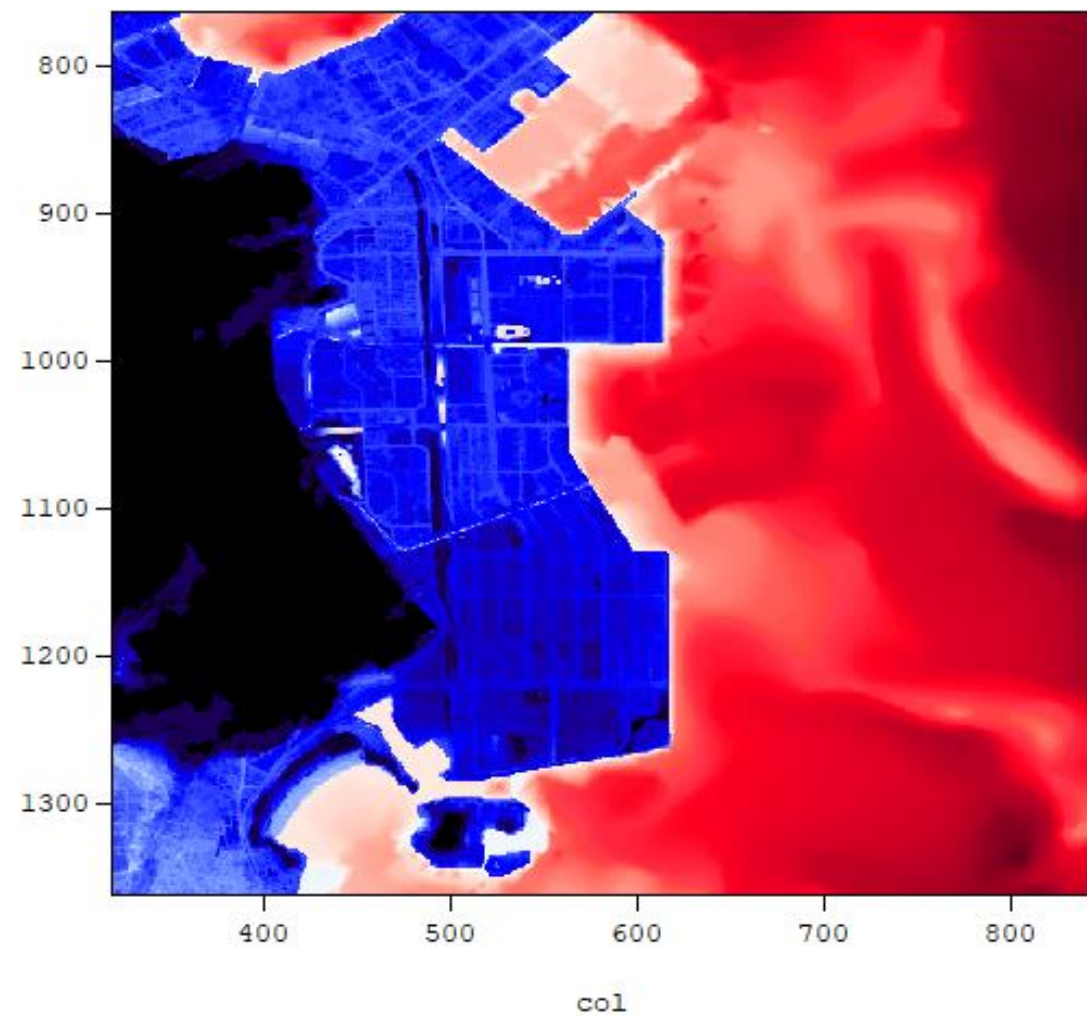


30mメッシュ標高



水深(m)

10mメッシュ標高



水深(m)

久保田ら(2022) オランダ軍艦の航海日誌に基づいて推定した安政江戸台風の大きさ

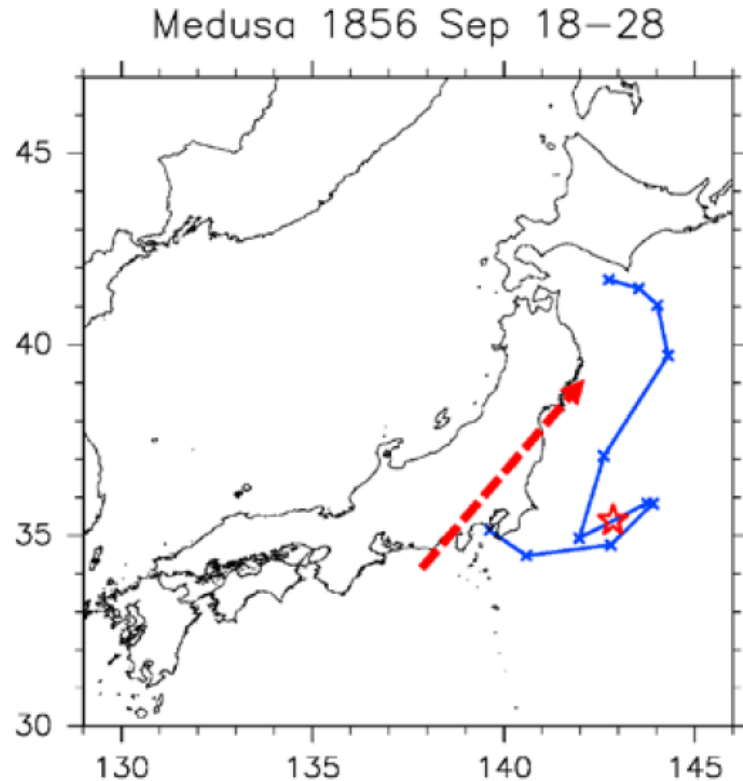


図1: Medusa 号の1856年9月18日-28日の航路、正午(日本時間)の位置(x)、9月24日0時の位置(星印)。平野・財城(2020)に基づく安政江戸台風の推定経路(破線)。

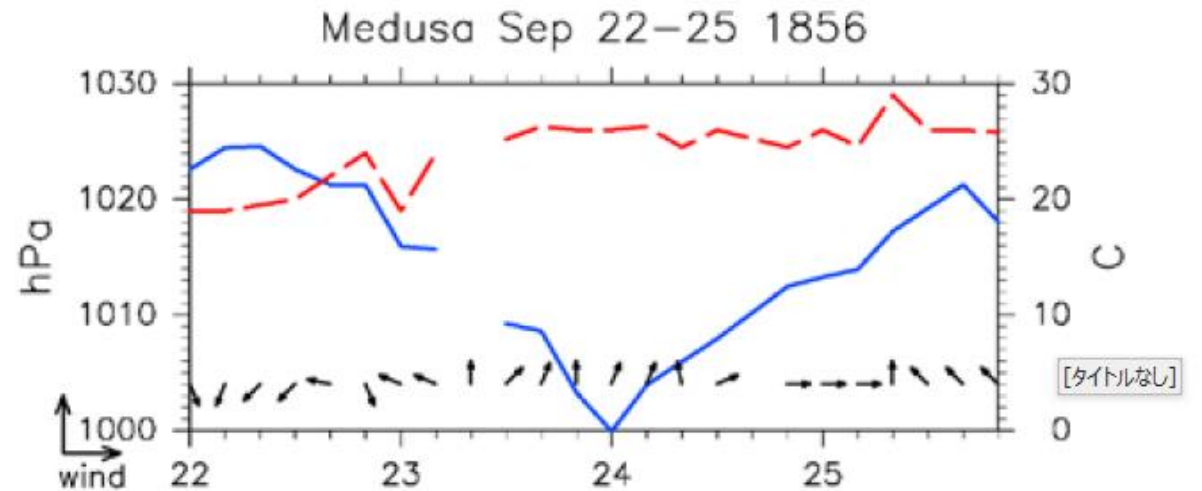


図2:1856年9月22日-25日のMedusa 号が観測した気圧(実線)、風向(矢印)、気温(破線)の時系列。

- 安政江戸台風の1000hPaの半径は359kmと推定

参考文献

1. 久保田ら(2022)オランダ軍艦の航海日誌に基づいて推定した安政江戸台風の大きさ、2022年度日本地理学会春季学術大会、セッションID: 516
2. 平野淳平(2017)歴史イベントと気候との関わりをどう教えるか—歴史気候学からの視点, 歴史と地理708:地理の研究197号
3. 坂崎貴俊ら(2015)安政江戸台風(1856)の被害と当時の気象場推定, 生存圏研究, 11:64-70.