

波浪観全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS）観測値から 創造・演奏するヴァイオリン二重奏曲「鹿島灘のしらべ」

学校法人成田山教育財団 成田高等学校 横内 敬文（2年） 野中 太陽（2年）

本研究の概要

本研究では、自然界のひとつである「海洋の波動」をヴァイオリン演奏で表現しようと試みた成果を報告する。筆者らが通う成田高等学校から近い鹿島灘を対象に「海しる（海洋状況表示システム）」¹⁾を活用して海洋状況の分析を行い、分析結果を基に曲の構想を設計した。更に「全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS）」観測値を用いて「周波数 f 、周期 T 、角速度 ω 」から音程変換する独自理論を考案し、導き出した音程を用いてヴァイオリン二重奏曲「鹿島灘のしらべ」を創造・演奏したものである。

研究動機と計画

筆者ら（横内・野中）は、千葉県の成田高等学校音楽部（管弦楽団）に所属するヴァイオリン奏者である。この春、新型コロナウイルス感染症が5類へ移行され、ようやく制約がない学校生活を取り戻しつつあるとはいえ、長期化するコロナ禍は、4年間に渡って学校生活及び課外活動に深刻な影響をもたらし続けてきた。中でも、コロナ禍初期の自粛ムードを発端に社会に蔓延した「音楽は不要不急の存在」といった非情な世論に対しては真正面から反論する。

筆者らは、地元の成田赤十字病院に御指導いただき、「地域災害医療における音楽の貢献可能性」をテーマとする探究活動に取り組んできた²⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。これまでの成果より、地域災害医療において「静穏期から前兆期」と「復旧期から復興期」の各ステージで音楽が貢献できることが明らかになっている。前者は「音楽を用いた災害記憶の伝承」、後者は「演奏を通じた被災者への心の癒し」への貢献である。大規模災害に際しては、長期化する避難生活における「防ぎうる災害関連死」が問題視されている。過酷な状況に置かれた被災者へ心の癒しを届けられる楽曲や演奏とはどのようなものだろうか。

自然界の様々な現象（波や風）に「 $1/f$ ゆらぎ」と呼ばれる心の癒し効果が存在することが広く知られている。本研究では、「海洋の波動」に「人々の心の癒し（=社会的資源）」が含まれることを自らの演奏により実証したい。まず、成田高校から近い鹿島灘を研究対象とし、「海しる¹⁾」を用いて1) 海洋波浪の状況、2) 海洋資源や生態系、3) 観光資源、4) 教育的価値、5) 災害・防災の5つの観点から海域を分析・評価し、鹿島灘をヴァイオリン演奏で表現するための曲想（ソネット）を検討する。次に、「全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS）」⁸⁾による波浪観測値データ（観測地点「鹿島」の有義波高、波向）を用いて「周波数 f 、周期 T 、角速度 ω 」から音程変換する独自理論を設計し、ここから導き出される音程と先に検討した曲想を用いてヴァイオリン二重奏曲「鹿島灘のしらべ」を創造する。最後に作成した楽譜を自ら演奏し、その音源をフーリエ解析して古今東西の名曲と比較検証することで、演奏した海洋音楽にモーツァルト相当の「 $1/f$ ゆらぎ（癒し効果）」特性が存在することを提示したい。以上の研究成果により、音楽は決して社会にとって不要不急の存在ではないことを主張するものである。

先行研究

海洋の観測データを音程変換し、弦楽演奏で表現しよ

うとする研究については、筆者らが調べた範囲では先行論文が存在しなかった。一方、筆者（横内）は2020～2021年度にかけて、ブラームス作曲のヴァイオリンソナタ第1番「雨の歌」の楽譜を周波数に変換して降水量データとの相関性を提示したり⁹⁾、その逆に災害時のアメダス観測データを周波数に変換して作曲した音楽を弦楽合奏で演奏したりといった探究的試み¹⁰⁾を行ってきた。いずれも2021年度の日本気象学会ジュニアセッションで発表し、専門家の評価を受けている。本研究では、これらの試みを発展させて、「全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS）」観測値から導き出した音程をヴァイオリン二重奏で演奏してみたいと思う。

海しるを活用した鹿島灘の海洋状況分析

海洋音楽を設計・演奏するにあたっては、対象海域である鹿島灘の海洋状況を分析・把握する必要がある。分析結果を基に曲想を考案し、曲に付記するソネット（曲が表現する情景や情景を説明する短い詩）を作成したい。まず筆者らは対象海域を上空から視察することとした。2023年8月6日 AM8:00 過ぎに成田空港を離陸して新千歳空港へ向かう航空機から撮影した鹿島灘上空の空撮写真を図1に示す。

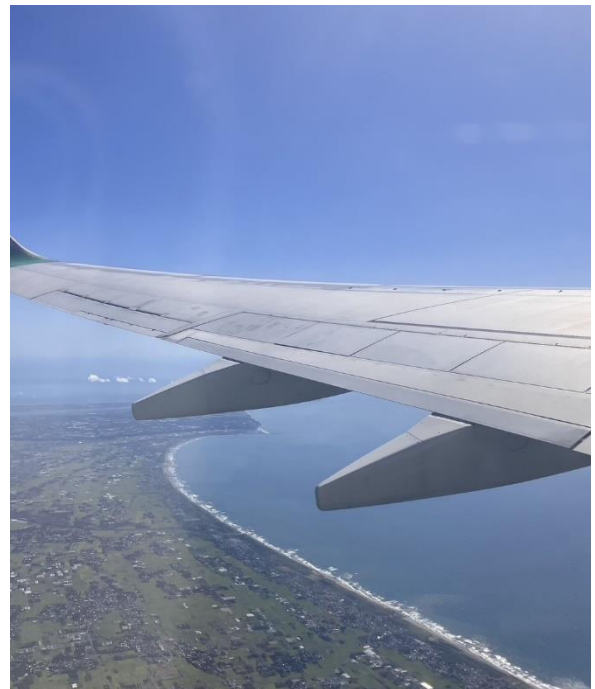


図1 上空から撮影した鹿島灘（2023.8.6 横内撮影）

緩く弓形に湾曲した海岸線に沿って穏やかな波が寄せくることがよくわかる。次に、鹿島灘の特徴を文献調査（真岡 1992）³⁾から取りまとめた。

【鹿島灘の特徴】

- ・ 鹿島灘海域は寒暖両海流が会合する穏やかな好漁場。水域環境の研究施設を立ち上げて成果を上げている。特筆すべきは「アマモ研究」である。
- ・ アマモが群生するアマモ場は、多様な種類の魚（ア

ミメハギ、タツノオトシゴ、メバル幼魚、ナマコなど）の餌場や稚魚の棲み家となる「海のゆりかご」と呼ばれている。アマモ場は、海をきれいにし光合成により二酸化炭素を吸収して酸素を作るなど、海の生き物だけでなく人間にとっても大切な存在だが、沿岸域の埋立てや水質汚濁などにより減少傾向にある。

- ・ 鹿島灘では「海のゆりかご・アマモ移植用基盤」を研究・構築してアマモ場の維持に努めている。

出典) 真岡東雄 (1992) 「鹿島灘砂浜域における漁業生産の特徴と問題点³⁾」より野中まとめ

上空からの視察、及び文献調査から得た知識に加え、より詳細に鹿島灘の海洋状況を調査する手段はないかと探究を深めていた過程で、「海しる (海洋状況表示システム)」¹⁾に出会った。対象海域の地図に地形・地質、海象、気象、安全、防災、水産、海域利用・保全といった 200 以上のデータベースを重ね合わせて、調査分析できる web ツールであり、フィールドワーク以上の情報がリアルタイムに得られる楽しい探究学習支援サイトである。本研究では、以下の 5 つのアプローチから鹿島灘海域について地図を作成して分析し、曲想を深めることとした。

- ・ 海洋波浪の分析：海流 (統計)、有義波高 (統計)、周期波向
- ・ 海洋資源・生態系の分析：主要漁港別上場水揚量、保護水面、干潟、藻場、ウミガメ産卵地、沖合海底域、沖合表層域、沿岸域
- ・ 観光資源の分析：水族館、マリナ、潮干狩り場、海水浴場
- ・ 教育的価値の分析：博物館等、海洋教育関連団体、天然記念物、史跡
- ・ 災害・防災に係る分析：釣りの事故マップ、津波防災情報図国郭、指定緊急避難場所 (津波)

① 海洋波浪の分析

対象海域に、海流 (統計)、有義波高 (統計)、周期波向を重ね合わせて作成した地図を図 2 に示す。

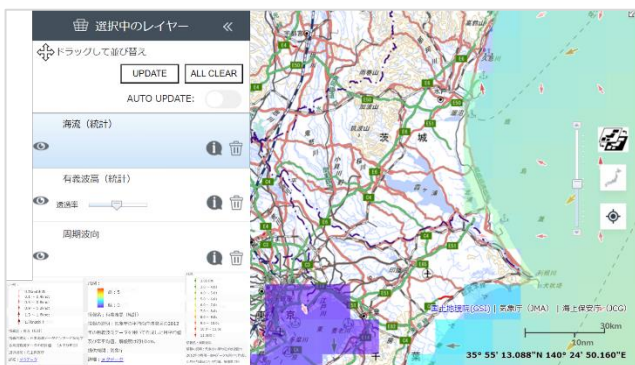


図 2 鹿島灘地図 (海流・有義波高・周期波向)

鹿島灘は全体的に穏やかな海流であり、海岸線近くには低～中程度、沖では中程度の波が観測されている。波向は沖から海岸へ向かっている。上空から見た鹿島灘の穏やかな情景が統計値からも把握することができた。

② 海洋資源・生態系の分析

鹿島灘の生態系や海洋資源の状況を把握するため、対象海域に、主要漁港別上場水揚量、保護水面、干潟、藻場、ウミガメ産卵地、沖合海底域 (生物多様性の観点から重要海域)、沖合表層域 (生物多様性の観点から重要海域)、沿岸域 (生物多様性の観点から重要海域) の各データを重ね合わせて作成した地図を図 3 に示す。

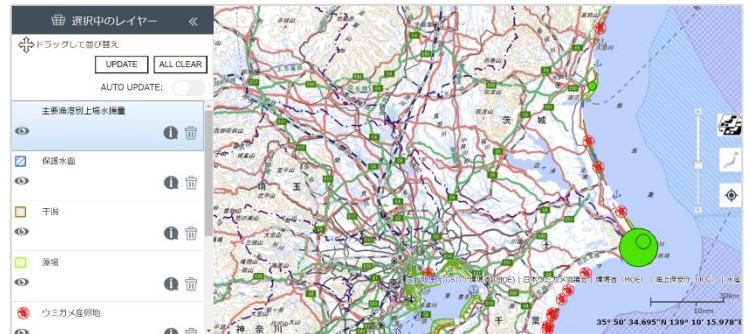


図 3 鹿島灘地図

(主要漁港別上場水揚量、保護水面、干潟、藻場、ウミガメ産卵地、沖合海底域、沖合表層域、沿岸域)

鹿島灘には、銚子港と大洗港という主要漁港があり、中でも銚子港は日本を代表する上場水揚量を誇る。余談だが、筆者らは成田高校野球部の応援委員 (音楽隊) としても活躍している。野球応援の際はヴァイオリンを打楽器に持ち替えて演奏するのだ。夏の高校野球千葉県予選で、強豪・銚子商業戦の応援に行き、成田高校野球部は延長 10 回裏の劇的なサヨナラ勝ちで準々決勝へと駒を進めた。銚子商業スタンドには大漁旗がはためき、黒潮打線と呼ばれる猛打者の連続登場に応援席は大いに沸いた。その後、銚子商業高校と合同演奏会を開催するなどの交流もあり、銚子港がこのような日本を代表する水揚げ高を誇る漁港であることを誇らしく思っている。

鹿島灘の沖合には保護水面が広がり、生物多様性の観点から重要海域である沖合海底域、沖合表層域、沿岸域が指定されている。事前の文献調査で明らかになったように、多様な水産資源がこの海域で育まれており、豊かな生態系を持つ海域であることが特徴である。また海岸に沿ってウミガメ産卵地が点在し、外洋に面した柔らかな砂浜であるという鹿島灘の特性はウミガメにとっても大切な環境である。上空からの視察で判明したように、鹿島灘に沿って藻場や干潟が散見され、海のゆりかごとされるアマモ場が地域と研究機関により維持されてきたことがわかる。

③ 観光資源の分析

ここまで鹿島灘海域の自然環境に関する分析を行ってきたが、成田高校に通う筆者らにとって鹿島灘は夏のレジャー候補地のひとつでもある。実際、中学や高校の仲間が、鹿島灘周辺の民宿を部活動や課外活動の合宿場を選定している話もよく耳にする。ここでは対象海域に観光資源 (水族館、マリナ、潮干狩り場、海水浴場) を重ね合わせてみた (図 4)。多様で豊かな水産資源を持つだけでなく、首都圏から近い観光資源でもあること

が鹿島灘の特徴であることがわかった。



図4 鹿島灘地図

(水族館、マリーナ、潮干狩り場、海水浴場)

④ 教育的価値の分析

「海しる」には海洋資源や自然環境、各種観光施設といった情報に加え、海洋探究に関する教育施設を把握する機能がかった。ここでは対象海域に教育施設（博物館、海洋教育関連団体、天然記念物、史跡）を重ね合わせ、鹿島灘の教育的な存在価値を分析した（図5）。



図5 鹿島灘地図

(博物館、海洋教育関連団体、天然記念物、史跡)

国内有数の上場水揚量を誇る銚子港、大洗港の周辺には天然記念物が生息していることがわかった。漁業的にも重要な海域だが、同時に、ウチワサボテンなどの指定天然記念物が群生する貴重な海岸でもある。また、茨城県北部の沿岸部には博物館や史跡、海洋教育団体が集積しており、海洋探究の学びの場としても機能している。

⑤ 災害・防災に係る分析

最後に、太平洋に面する鹿島灘の災害・防災に係る分析を行った。筆者らは「地域災害医療における音楽の貢献可能性」をテーマとする探究活動⁷⁾の中で、地域で発生した過去の激甚災害や防災教育について学んできた。鹿島灘周辺海域は東日本大震災でも津波による大きな被害が発生しており、対象海域について災害や防災状況を把握することは大切だと考えている。

「海しる」の機能を使って、津波防災情報図、指定緊急避難場所（津波）、釣りの事故マップを鹿島灘海域に重ね合わせてみたものが図6である。

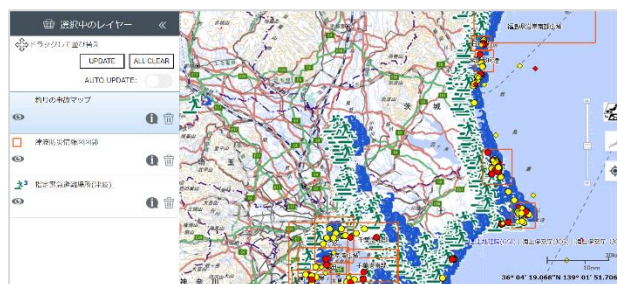


図6 鹿島灘地図

(津波防災情報図、指定緊急避難場所（津波）釣りの事故マップ)

海岸線に沿って津波の緊急避難場所が多数設置されており、被害が想定される地域には津波防災情報図が作成されている。また漁港近くには釣りの事故が多発していることもわかり、レジャーの際には十分な注意・対策が必要である。

海洋音楽「鹿島灘のしらべ」

以上の「海しる」を活用した分析により、鹿島灘を5つの観点から詳細に把握することができた。これを踏まえ、海洋音楽「鹿島灘のしらべ」を設計・演奏してみたと思う。研究手順は以下の6プロセスである。

- ・ 海洋音楽のベースとなるデータ取得
- ・ 音程変換理論の設計と1stVn/2ndVn 音程計算
- ・ 曲の構想
- ・ 海洋音楽の設計検討
- ・ 海洋音楽の実演
- ・ 1/f ゆらぎの検証

以下に、各プロセスの詳細を述べていく。

① 海洋音楽のベースとなるデータ取得

ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)「鹿島」の有義波高(m)・周期(T)、波向(度)の20分間毎観測データ⁸⁾を用いてヴァイオリンの音程を求める。今回の研究で設計する演奏は「ヴィヴァルディ四季」の形式(ソネットによる情景描写)を採用する。「海しる」により分析した鹿島灘の特徴を踏まえ、ソネットに用いる主題及び各主題を表現する観測データは下記の範囲とした。

- ・ **第1主題(1~5小節)**「夏の深夜のミステリアスな太平洋」2019年8月1日 0:00~10:00(31データ)
- ・ **第2主題(6~10小節)**「荒れ狂う鹿島灘」2019年9月9日 0:00~5:20(17データ)
- ・ **第3主題(11~14小節)**「荒天を乗り越え穏やかな初冬の海」2019年11月1日 0:00~5:40(18データ)

上記のデータを用いて、有義波高(m)と周期(T)を第1ヴァイオリン、波向(度)を第2ヴァイオリンとして音程変換理論を設計する。

② 音程変換理論の設計と1stVn/2ndVn 音程計算

ヴァイオリンの音域を図7に示す。



図7 ヴァイオリンの音域

有義波高(m)と周期(T)を用いた第1ヴァイオリン

の音程変換理論の設計は横内敬文が担当した。設計にあたって参考にしたのは高校物理の参考書⁶⁾である。

まず有義波高の周期 (T) を用いて、波の公式「周波数 f (Hz) = $1/T$ 」より周波数を求める。次に求めた周波数を 10,000 倍し ($f \times 10,000$)、ヴァイオリンの音域帯に合わせた。最後に図 8 (ヴァイオリン音域の周波数一覧表) を用いて、求めた周波数を音程に変換したものを第 1 ヴァイオリンの音程とした。なお、第 1、第 2 ヴァイオリンともに基準音 (ラ) はオーケストラピッチ (442Hz) とする。

音名	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
度数 (d)	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
周波数 (f)	197	209	221	234	248	263	278	295	313	331	351	372	394	417	442
音名	ソ	ソ#	ラ	ラ#	シ	シ#	ド	ド#	レ	レ#	ミ	ファ	ファ#	ソ	ソ#

音名	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
度数 (d)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
周波数 (f)	788	834	884	937	992	1051	1114	1180	1250	1325	1407	1487	1575	1669	1768
音名	ソ	ソ#	ラ	ラ#	シ	シ#	ド	ド#	レ	レ#	ミ	ファ	ファ#	ソ	ソ#

図 8 ヴァイオリン音域の周波数一覧表

波向 (度) を用いた第 2 ヴァイオリンの音程変換理論の設計は野中太陽が担当した。波向の角速度は 360 度での観測値であるため。時計盤にヒントを得た音程変換環を自ら考案した (図 9)

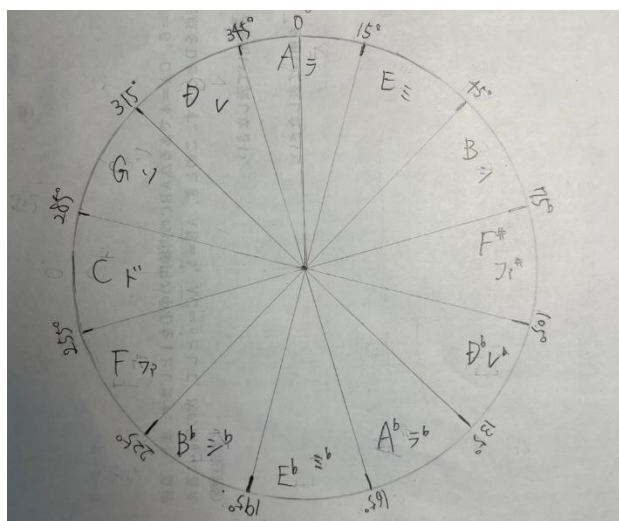


図 9 第 2 ヴァイオリン音程変換環

基準音ラ (=442Hz) を 0 度とし、図 9 に示した音程変換環を用いて求めた音程を第 2 ヴァイオリンとした。

以上の音程変換理論から算出した第 1、第 2 ヴァイオリンの音程を図 10 に示す。

【第1主題】	時間 (分)	速度 (bpm)	周波数 (f)	f×10000 (Hz)	1stVn	2ndVn	海洋音楽	
2019	8	100	0.62	9.5	101	0.105263158	1052.631579 ド	ファ#
2019	8	120	0.69	10.9	77	0.091743119	917.4311927 ラ#	ファ#
2019	8	140	0.71	11.3	56	0.088495575	884.9557522 ラ	シ
2019	8	110	0.6	10.1	77	0.099009901	990.0990099 シ	ファ#
2019	8	120	0.62	10.3	73	0.097087379	970.8737864 シ	シ
2019	8	140	0.61	10.3	101	0.097087379	970.8737864 シ	ファ#
2019	8	120	0.67	10.9	68	0.091743119	917.4311927 ラ#	シ
2019	8	1220	0.66	10.9	97	0.091743119	917.4311927 ラ#	ファ#
2019	8	1240	0.58	9.4	101	0.106382979	1063.829787 ド	ファ#
2019	8	130	0.7	10.7	101	0.093457944	934.5794393 ラ#	ファ#
2019	8	1320	0.6	10.7	9999	0.093457944	934.5794393 ラ#	休
2019	8	1340	0.57	9.7	81	0.103092784	1030.927835 ド	ファ#
2019	8	140	0.64	10.6	93	0.094339623	943.3962264 ラ#	ファ#
2019	8	1420	0.65	9.9	73	0.101010101	1010.10101 シ	シ
2019	8	1440	0.64	10.4	89	0.096153846	961.5384615 ラ#	ファ#
2019	8	150	0.65	9.7	52	0.103092784	1030.927835 ド	シ
2019	8	1520	0.66	10.2	68	0.098039216	980.3921569 ラ#	シ
2019	8	1540	0.69	9.8	81	0.102040816	1020.408163 シ	ファ#
2019	8	160	0.69	10.2	52	0.098039216	980.3921569 ラ#	シ
2019	8	1620	0.68	9	118	0.111111111	1111.111111 シ	レ
2019	8	1640	0.72	10.3	93	0.097087379	970.8737864 シ	ファ#
2019	8	170	0.66	11.1	60	0.090090909	900.9090909 シ	シ
2019	8	1720	0.62	9.9	9999	0.101010101	1010.10101 シ	休
2019	8	1740	0.62	9.9	81	0.101010101	1010.10101 シ	ファ#
2019	8	180	0.64	9.9	105	0.101010101	1010.10101 シ	ファ# or レ
2019	8	1820	0.62	9.2	101	0.108695652	1086.956522 ド	ファ#
2019	8	1840	0.64	9.8	85	0.102040816	1020.408163 シ	ファ#
2019	8	190	0.62	9.2	73	0.108695652	1086.956522 ド	シ
2019	8	1920	0.64	10.5	85	0.095238095	952.3809524 ラ#	ファ#
2019	8	1940	0.62	10.3	85	0.097087379	970.8737864 ラ#	ファ#
2019	8	1100	0.69	10.5	89	0.095238095	952.3809524 ラ#	ファ#

【第1ソネット部】
1stVn1~5小節、2ndVn1~6小節（2拍目）

【第2主題】			時間 (分)	速度 (bpm)	周波数 (f)	f×10000 (Hz)	1stVn	2ndVn	海洋音楽
2019	9	9 00	1.75	8.5	126	0.117647059	1176.470588	レ	レ
2019	9	9 20	1.84	8.8	118	0.113636364	1136.363636	ド#	レ
2019	9	9 40	1.74	8.8	118	0.113636364	1136.363636	ド#	レ
2019	9	9 10	1.82	8.2	118	0.121951222	1219.512195	レ	レ
2019	9	9 120	1.92	8.8	109	0.113636364	1136.363636	ド#	レ
2019	9	9 140	1.9	8.3	105	0.120481928	1204.819277	ファ# or レ	レ
2019	9	9 20	1.84	7.4	118	0.135135135	1351.351351	ミ	レ
2019	9	9 220	2	7.5	109	0.133333333	1333.333333	ミ	レ
2019	9	9 240	1.97	6.9	109	0.144927536	1449.275362	ファ#	レ
2019	9	9 30	2.05	7.2	9999	0.138888889	1388.888889	ミ#	休
2019	9	9 320	2.19	6.9	105	0.144927536	1449.275362	ファ#	ファ# or レ
2019	9	9 340	2.35	7.2	9999	0.138888889	1388.888889	ミ#	休
2019	9	9 40	2.56	7.6	9999	0.131578947	1315.789474	ミ	休
2019	9	9 420	2.51	7.8	9999	0.128205128	1282.051282	レ#	休
2019	9	9 440	2.66	7.9	9999	0.126582278	1265.822785	レ#	休
2019	9	9 50	3.13	7.7	9999	0.12987013	1298.701299	レ#	休
2019	9	9 520	3.3	7.2	9999	0.138888889	1388.888889	ミ#	休

1stVn ネット・2ndVn ネット・6/10 小節

【第3主題】				時間 (分)	速度 (bpm)	周波数 (f)	f×10000 (Hz)	1stVn	2ndVn	海洋音楽
2019	11	100	0.86	8.5	60	0.117647059	1176.470588	レ	シ	「第3ソネット」 2ndVn 111114小節
2019	11	120	0.98	9.2	52	0.108695652	1086.956522	レ	シ	
2019	11	140	1.05	10	48	0.1	1000	シ	シ	
2019	11	110	0.98	9.7	60	0.103092784	1030.927835	ド	シ	
2019	11	120	0.93	9.7	93	0.103092784	1030.927835	ド	ファ#	
2019	11	140	1.01	10.2	68	0.098039216	980.3921569	シ	シ	
2019	11	120	0.93	9.5	77	0.105263158	1052.631579	ド	ファ#	
2019	11	1220	0.95	9.8	68	0.102040816	1020.408163	シ	シ	
2019	11	1240	0.98	10	73	0.1	1000	シ	シ	
2019	11	130	1.05	10.2	68	0.098039216	980.3921569	シ	シ	
2019	11	1320	0.88	9.8	56	0.102040816	1020.408163	シ	シ	
2019	11	1340	0.95	9.3	64	0.107526882	1075.268817	ド#	シ	
2019	11	140	0.94	10	32	0.1	1000	ド	ミ	
2019	11	1420	1.03	9.6	60	0.104166667	1041.666667	ド	シ	
2019	11	1440	0.94	9.5	56	0.105263158	1052.631579	ド	シ	
2019	11	150	0.95	10.6	56	0.094339623	943.3962264	ラ#	シ	
2019	11	1520	0.86	9.5	73	0.105263158	1052.631579	ド	シ	
2019	11	1540	0.93	10.1	19	0.099009901	990.0990099	シ	ミ	

図 10 海洋音楽「鹿島灘のしらべ」
1stVn・2ndVn 音程変換表

③ 曲の構想

波が奏でる海洋音楽は、どのような曲想であるべきだろうか。本研究では筆者らが演奏した経験があり、嵐や泉のせせらぎなど自然界の現象を表現しているヴィヴァルディ「四季」の形式 (ソネットによる情景描写) を採用して検討したいと考えた。ソネット (詩) については図 11 に示す。

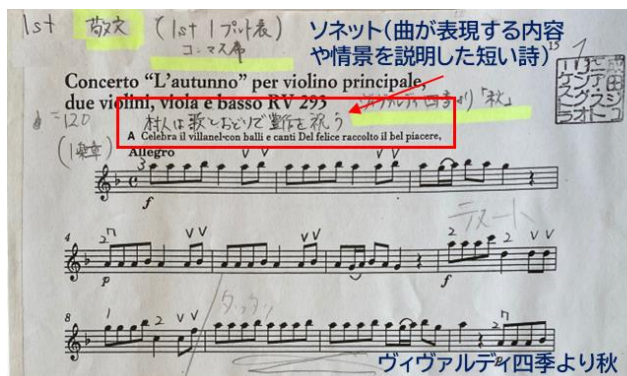


図 11 ヴィヴァルディ四季より「秋」ソネットの例

第1主題は「夏の深夜のミステリアスな太平洋」、第2主題は「荒れ狂う鹿島灘」、第3主題は「荒天を乗り越え穏やかな初冬の家」を示すものとした。鹿島灘は豊かで多様な海洋資源を持ち、平常時は穏やかな観光資源であるが、津波や台風などの自然災害の際にはまた違った顔を見せる。海域で提供される教育資源により地域の海洋に親しみながら学び、時には自然災害の脅威に直面することもあるが、地域防災に向き合って豊かな海の恵みを楽しみながら生きていこうという想いを込めた鹿島灘の様子を3つのソネットで作成する曲とした。

検討に基づき、各主題に即したソネットと曲のタイトルを以下の通り決定した。

- ・ 海洋音楽タイトル「鹿島灘のしらべ」
- ・ 第1ソネット「真夜中に不規則に響く波の音」
- ・ 第2ソネット「荒ぶる嵐と白波」
- ・ 第3ソネット「嵐が過ぎ去って戻ってきた静寂」

④ 海洋音楽の設計検討

算出した1stVn, 2ndVnの音程を用いてヴァイオリン二重奏曲の楽譜を作成する。楽譜には主題ごとにソネットを付記し、ソネットが示す海の様子を表現できるよう演奏技法や強弱を楽譜にコメントすることにした。作成した楽譜を図12に示す。楽譜作成にはアプリ「iWriteMusic」を利用した。

海洋音楽「鹿島灘のしらべ」上段(1stVn 横内敬文)・下段(2ndVn 野中太陽)

【第1ソネット】真夜中に不規則に響く波の音

【第2ソネット】荒ぶる嵐と白波

【第3ソネット】嵐が過ぎ去って戻ってきた静寂

楽譜作成にはアプリ「iWriteMusic」を利用

図 12 海洋音楽「鹿島灘のしらべ」楽譜

⑤ 海洋音楽の実演

いよいよ全ての準備が整った。「海しる」を活用した鹿島灘の海洋分析、これを受けて設計した海洋音楽の主題とソネット、独自に考案した第1、第2ヴァイオリンの音程変換理論とこれを用いた音程計算、十分に議論しながら2人で作り上げた曲想とヴァイオリン二重奏曲「鹿島灘のしらべ」、そして楽譜作成。いよいよこの楽譜を2人で演奏してみたいと思う。コンセプトは「海と音楽のチカラで被災地を元気にする！」である。

猛暑日が続く8月半ばの一日、筆者らは防音室にこもり、設計したソネットや曲想をどのように演奏表現するか議論し尽くして練習を繰り返し、収録に至った(図13)。



図 13 海洋音楽「鹿島灘のしらべ」演奏・収録風景

演奏音源は以下のURL及びQRコードから視聴できる。ぜひ視聴いただき、筆者らの演奏が鹿島灘の情景を表現できているか評価いただきたい。

【演奏動画URL】

<https://youtu.be/sFmGi3WvkkQ>

【演奏動画QRコード】



⑥ 1/f ゆらぎの検証

この夏のチャレンジ(鹿島灘の波動を自らの演奏で表現する)を完遂した筆者らは、夏休みを終えて充実感に浸りながら冒頭の問いに戻る。過酷な状況に置かれた被災者へ心の癒しを届けられる楽曲や演奏とはどのような音楽だろうか。自然界の動きに含まれていると言われる「1/f ゆらぎ(癒し効果)」が筆者らの演奏に含まれているかどうかを検証してみることにした。

まず、「1/f ゆらぎ」とは何かということ文献調査(一般財団法人カワイサウンド技術・音楽振興財団「音・音楽と1/f ゆらぎ」⁵⁾から取りまとめた。

【1/f ゆらぎとは】

- ・ 1/f ゆらぎとは「フーリエ分析した波動のパワースペクトルがフーリエ周波数 f に反比例したグラフ 1/f が 45 度の傾斜を持つ」傾向にあるもの。
- ・ 小川のせせらぎ、波の打ち寄せる音、木目模様など、我々が心地良く感じるさまざまな自然界のリズムに潜んでおり、生体にとって自然な快い刺激であることが認知されている。

出典) 一般財団法人カワイサウンド技術・音楽振興財団「音・音楽と 1/f ゆらぎ」より野中まとめ

筆者らが演奏した音源 (WAV) ファイルを読み込んでフーリエ変換し、フーリエ解析で分解した結果を周波数ごとにグラフ化して分析するフリーソフト「音のゆらぎ解析君 (音楽研究所)」⁴⁾を用いて検証した結果を図 14 に示す。同ソフトの解説 HP⁴⁾によれば 1/f ゆらぎの分析では、フーリエ解析で分解した結果を周波数ごとにグラフ化して分析を行う。周波数を水平軸、強さを垂直軸に示し、両軸とも対数をとって両対数グラフの形式で表示し、このグラフの傾きが 45 度の傾斜に近いほど人間にとって心地よい刺激であるとされている。

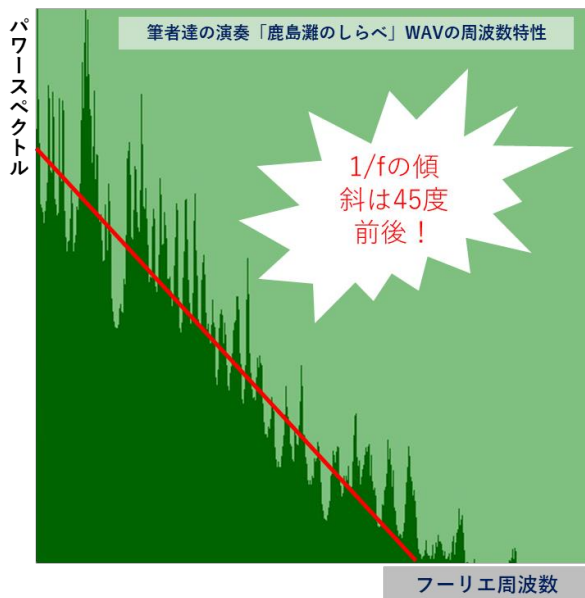


図 14 「鹿島灘のしらべ」フーリエ変換結果

驚いたことに、筆者らの演奏音源を 1/f 関数で出力したグラフには 45 度前後の傾斜が確認された。

この結果が偶発的なものでないかどうかを比較検証するために様々なジャンルの名曲を分析したところ、1/f ゆらぎを含むことで有名なモーツァルト「フルートとハープのための二重奏曲第 2 楽章」の 1/f 曲線はぴったり 45 度 (図 15)、大流行中の J ポップ・YOASOBI の「アイドル」は同 70 度 (図 16) であった。本研究で波浪観測値から生み出した海洋音楽「鹿島灘のしらべ」にはモーツァルト相当の 1/f ゆらぎ傾向が存在することを確認することができた

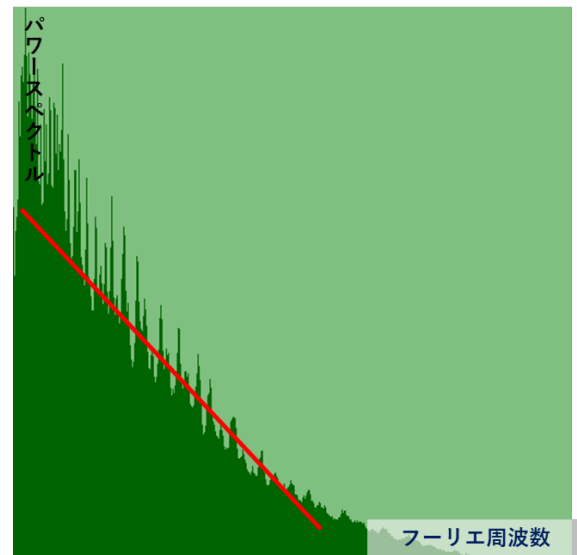


図 15 モーツァルト
「フルートとハープのための二重奏曲第 2 楽章」
フーリエ解析結果

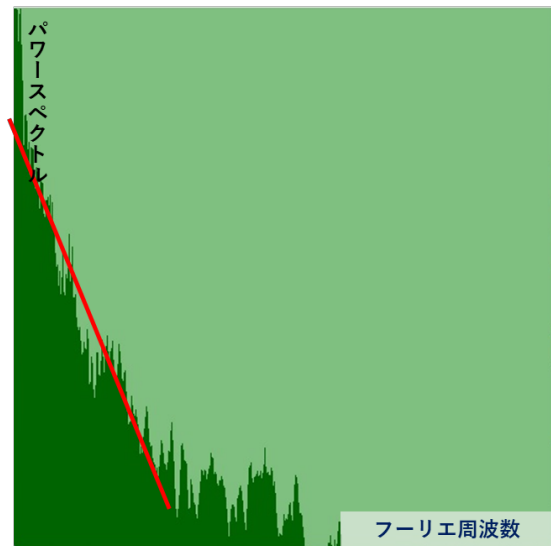


図 16 YOASOBI「アイドル」フーリエ解析結果

考察と今後の課題

本研究では、「海しる」を活用して鹿島灘の海洋状況を詳細に分析し、その結果を曲想として、波浪観測値の有義波高と波向の数値から音程変換して創造したヴァイオリン二重奏曲「鹿島灘のしらべ」を実演した。更に、その音源をフーリエ変換した結果、この海洋音楽に含まれる 1/f の傾斜が 45 度に近似していることを提示したものである。

ヴァイオリン奏者は演奏により海洋や地球の動向を表現できる。筆者らは地域の波浪観測値を音程変換して海洋音楽を創造し、自らの演奏により、波が奏でる音楽には 1/f ゆらぎ特性 (心の癒し効果) が存在することを実証した。一方、本研究で対象とした鹿島の波浪観測値に偶然 1/f ゆらぎ特性が含まれていた可能性もあり、更に事例数や対象海域を増やして検証していくことが課題である。「海しる」を活用することで、近隣の鹿島灘だけでなく、全国各地の海洋をフィールドワーク以上の精度で分析し、把握することができる。新たな探究の楽しみ方

がここにあると感じた。

今後は本研究成果を更に発展させて、全国各地の波浪観測値から $1/f$ ゆらぎを持つ海洋音楽を生み出して演奏会のプログラムとするなど、演奏活動を通じて被災地へ癒しを届けていきたいと思っている。音楽は決して社会にとって不要不急の存在ではないのだ。



謝辞

本研究は「誰も取り組んだことのない（筆者らが調べた範囲では先行研究が存在しない）“音楽と海洋”に係る独創的な研究テーマに挑戦することで、音楽の社会的存在意義を自ら証明しよう」と思い立って、音楽部の仲間同士で取り組んだ成果である。

地域の災害拠点病院である「成田赤十字病院」救急集中治療科部長の中西加寿也医師には、「災害医療における音楽の貢献可能性」に係る探究活動の御指導をいただきました。災害拠点病院や被災地で命に向き合ってきた医師ならではの深い知見と熱意が盛り込まれた素晴らしい講義は進路決定の強い動機に繋がりました。ありがとうございました。

一般財団法人日本気象協会 Expert Scientist である伊ヶ崎英雄先生には、専門データの取り扱い方法や気象・海洋物理学の専門的知見を教示いただくに留まらず、科学技術分野の世界的潮流やアカデミックでの最先端の議論に触れる機会など、日常的に刺激をいただきました。常に好奇心を持って新たな研究テーマに挑むことができるのは伊ヶ崎先生のおかげです。

そして何よりも、総合探究や各教科の指導を通じて僕達の好奇心を刺激くださっている成田高等学校第2学年の先生方、日頃から演奏や音楽理論を御指導いただいている音楽部顧問の先生方に心より感謝申し上げます。成田高等学校で過ごす日常の中から、いくつもの探究の「問い」に出会えました。これらの問いに向き合った研究活動を生き生きと展開できているのは、先生方が僕達のチャレンジを温かく支援下さるおかげだと感謝しています。

参考文献

- 1) 海しる（海洋状況表示システム）サイト
<https://www.msil.go.jp/msil/htm/topwindow.html>
- 2) 横内敬文（2023）「地域災害医療における音楽の貢献可能性-千葉県・成田ジュニアストリングオーケストラ「災害と音楽」探究チームの挑戦-」、防災教育学研究 3 巻 2 号
- 3) 真岡東雄（1992）「鹿島灘砂浜域における漁業生産の特徴と問題点」、水産海洋研究 57 巻 2 号
- 4) 音楽研究所「音のゆらぎ解析君」<https://www.asahi-net.or.jp/~hb9t-kt/music/Japan/Soft/Yuragi.html>
- 5) 一般財団法人カワイサウンド技術・音楽振興財団「音・音楽と $1/f$ ゆらぎ」
- 6) 田原真人「これだけ高校物理 波動編」、秀和システム
- 7) 中西加寿也（2022）「成田赤十字病院出前講座・災害の備えとサバイバル、成田ジュニアストリングオーケストラ夏季研修資料」
- 8) ナウファス（全国港湾海洋波浪情報網）データダウンロードサイト
<https://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>
- 9) 横内敬文（2020,2021）「ヴァイオリンソナタ第1番“雨の歌”の数学的分析から見る作曲家ブラームスの心象風景-気象観測値と楽譜の周波数変換値を用いた時系列データの類似度比較-」、千葉大学教育学部附属中学校 2020 附中探 Q 記（塩野直道記念第7回算数・数学の自由研究コンクール 文部科学大臣賞受賞作品）、第7回日本気象学会ジュニアセッション予稿集
<https://www.metsoc.jp/default/wp-content/uploads/2021/05/JS1-02.pdf>
- 10) 横内敬文（2021）「成田ジュニアストリングオーケストラの主題によるヴァイオリン四重奏 雨の歌-記録的な豪雨被害をもたらした令和元年10月25日の千葉県の大雨・洪水の気象データから数学を使って作曲・演奏表現した僕たちの雨の歌-」、第7回日本気象学会ジュニアセッション予稿集
<https://www.metsoc.jp/default/wp-content/uploads/2021/05/JS1-03.pdf>
- 11) 横内敬文・野中太陽（2023）「波浪観測値を音程変換して創造した海洋音楽に含まれる $1/f$ ゆらぎ現象の検証-自らのヴァイオリン二重奏で奏でる海洋音楽の癒し効果-」、北海道大学 海と日本 PROJECT 海の宝アカデミックコンテスト 2023
- 12) 横内敬文（2023）「災害時の気象データを活用した“防災音楽てんでんこ”自動生成処理の設計」、武蔵野大学 第9回数理工学コンテスト優秀賞受賞作品
- 13) 横内敬文・野中太陽（2023）「波浪観測値を音程変換した演奏音源に見られる $1/f$ ゆらぎ現象-フーリエ解析による海洋音楽の癒し効果分析-」、千葉大学高校生理科研究発表会