



知らない現象（不知火現象）を科学する6

～地震地形により引き起こされる「幻の現象」の観測～

熊本県立宇土高等学校 2年 米田直人 村上聖真 吉田大暉 西川幸輝
科学部地学班 1年 徳丸幸樹 堀田舞衣 西田琉花 橋本直大

【研究概要】 不知火を研究して今年で7年目。今年は以下の2つの疑問を元に、不知火の謎に迫った。

疑問1: 「条件: 不知火海でしか見られないのか?」 不知火の発生・観測条件である「直線的な干満」と「干満と海水との境界線上に観望所や光源、真っ暗な背景が位置する」という2つの条件を満たす海は不知火海にしか存在せず、不知火は不知火海でしか見られない。
疑問2: 「現状: もう不知火は見られないのか?」 光路シミュレーションから光源が漁火であった場合、現代でも観望所では不知火が見られる可能性があることがわかった。
そこで、地元漁師の協力で不知火海に漁火を出してもらい、高精度カメラを用いて観測を行ったところ、**実に36年ぶりとなる不知火の観測に成功した。**

<今年度、7年間もの野外観測や再現実験、シミュレーションを駆使し、相互補完してわかったこと>
・不知火の発生・観測条件...①表面海水温と気温との温度差、②冷たい河川と広大な干満、③視線方向の微風、④海岸より少し高い位置での観測、⑤位置が低い光源（漁火）
・不知火は近年、観測困難な状況にあるが、この主な原因は禁漁により漁火がないこと。現代でも漁火があれば不知火が発生し、不知火を観測することができる。

1 はじめに: ～不知火現象とは～ (文献より)

(「不知火新考」、「不知火の研究」より)
・場所: 不知火海
(永尾神社の観望所から大島を観測)
・時期: 八朔(旧暦8月1日)の晩
・光源: 漁火(漁の明かり)
・現象: 光源が盛火となり、その後横方向に分火し、つながるように見える
30年以上研究・観測がされておらず、まさに「誰も知らない現象」といえる。



2 研究の目的

(1) 昨年までの成果

これまで先輩方が過去6年間で計23回不知火が見られるとされる永尾神社から野外で観測を行ってきたが、一度も不知火らしき現象を見ることはできなかった。しかし、室内での不知火現象の再現に成功し、「直線的な左右の温度差」と「視線方向の微風」が不知火の発生条件であることが分かった。
しかし、この不知火の再現実験成功について、気象学会で発表したところ「現実世界で左右の温度差という条件を満たす場所**は存在しない**」と言われ、不知火の存在を暗に否定された。

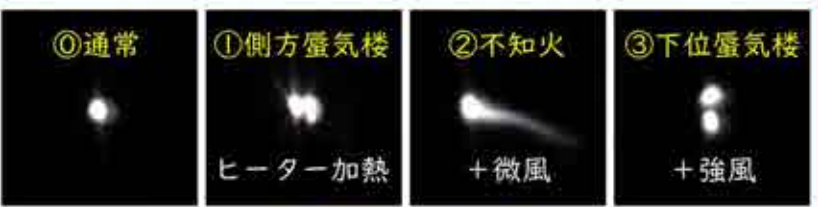


図 再現した不知火現象



図 再現装置の様子

(2) 今年度の目的

今回は以下の2つの疑問をもとに研究を行った。
疑問1: 条件～不知火海でしか見られないのか?～
疑問2: 現状～もう、不知火は見られないのか?～

3 疑問1: 不知火海でしか見られないのか

(0) 不知火の発生条件

成功した不知火の再現装置から、「温かい海水と冷たい陸地が点在する干満が直線的」であれば「直線的な左右の温度差」という条件を満たすと考えた。

(1) 干満の分布 ①干満

干満は大きな干満差く、遠浅の地形であるところに分布する。そこで、まず日本の海の干満差を調査した。気象庁の太平洋側、日本海側、内海を含んだ17地点の干満差のデータを解析したところ、内海である不知火海や有明海、瀬戸内海には日本最大の干満差があることが分かった。

表 日本の海の干満差 (気象庁より引用)

地点	干満差(cm)
沖縄	179.5
高知下田	92.5
焼津	140
和歌山	90.5
東京	158.5
仙台新港	107.5
千勝	92.5
対馬	169
境	18.5
宮津	21
金沢	19
秋田	16.5
佐渡	17.5
大島	326.5
三角	381
大牟田	475
枝先	56

図 日本の海の干満差 (気象庁より引用)

②遠浅の地形

次に海の基本図を用い、干満差が大きい不知火海、有明海、瀬戸内海等の等深線を調べた。不知火海、有明海は遠浅の地形であったが、瀬戸内海は急深の地形であったため、不知火海、瀬戸内海に広大な干満が分布し、瀬戸内海には干満が分布しないと考えられる。



図 等深線図 左から不知火海、有明海、瀬戸内海 (海の基本図より引用)

③実際の干満

地理院地図を用いて干満の分布域を調べたところ、日本の中で不知火海、有明海に広大な干満が分布することが分かった。

(2) 直線的な地形

広大な干満が分布している不知火海、有明海は直線的に干満が分布しているのだろうか。不知火海の沿岸部を見てみると山と陸地の境界が直線的になっていることが分かった。この地形は日奈久断層の影響によるもので(産総研データベースより)、これにより海岸線も直線的となる。そしてこの「直線的な海岸線」に「広大な干満」という条件が組み合わさることによって不知火の発生条件である「直線的な干満」が形成される。よって、現実の環境においても左右の温度差という条件を満たす地点があると説明することができる。

図 不知火海と有明海の干満分布図 (地理院地図より引用、加筆)

また、有明海は日本最大の干満を有する海であり、その中には不知火の発生条件となる直線的な干満も含まれている。よって、有明海も不知火の発生条件を満たす。

(3) 光源の背景

なぜ有明海も不知火の発生条件を満たすのに不知火海で不知火が見られるとされているのだろうか。いくつかの文献には有明海でも不知火が見られたとされている。しかし、有明海沿岸には多くの街明かりが存在し、他の明かりに紛れてしまい不知火が発生してもあまり目立たないと考えられる。そのため、より不知火が目立つ不知火海で不知火が見られるとされていると考えられる。

図 断層分布図 (左: カシ米尔より作成、右: 産総研データベースより引用、加筆)

現在、永尾から大島方面を望むと多くの街明かりを確認することができる。しかし、大島は干拓により作られた干拓地であるため、かつては真っ暗な光景であり、不知火観望に適していたに違いない。



図 観測方向と不知火海の干拓の歴史 (八代市パンフレット参考)

図 大島方向の景色

図 不知火の発生・観測条件

左右の温度差は現実の環境にも存在し、不知火は不知火の発生・観測条件を満たす不知火海でしか見られない。また、直線的な地形は日奈久断層によるものであるため、**不知火は地震が引き起こしたと説明できる。**

4 疑問2: もう、不知火は見られないのか

(1) 不知火に関する聞き込み調査

私たちは過去6年間で23回もの不知火の野外観測を行ってきたが一度も不知火を見ることができなかった。そこで、その原因を探るために観測場所近くの地元松合にて不知火に関する聞き込み調査を行った。その結果、「昔、不知火の観測対象として漁の光を見ていた」、「約40年前に夜間に漁を行わなくなった」、「不知火が見られなくなった時期と夜間に漁を行わなくなった時期が重なる」ということがわかった。

図 聞き込み調査の様子 (右: 永尾神社、中: 松合漁協、左: 地元の酒屋)

(2) 光源が漁火だったら?

漁火をモデル化してみると、漁火は海面低下に伴い、一緒に下がるため、干潮時であって海面近くに位置するという特徴に着目した。そこで、高さ1mの漁火を見るとき、下位層気層の光路シミュレーションを行う。シミュレーションから、海面近くでは漁火を見ることはできないが、観望所では現在でも不知火が見られる可能性があることが分かった。

図 光源が漁火であった場合の潮位低下による変化の概念図

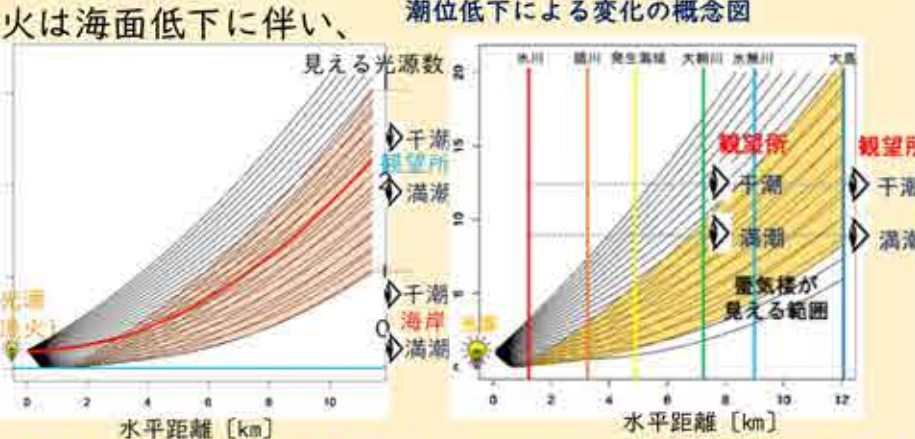


図 光源が漁火であった場合のシミュレーションと漁火を出す海域の検討 (オレンジ色、黄色色は蟹気層が見える範囲)

4 疑問2: もう、不知火は見られないのか

(3) 観測の準備

八代漁協協同組合さんにご協力いただき不知火が見られるとされる午前0時から3時(干潮時刻)にかけて、3隻漁船を出し、LEDライトを点灯していただき、不知火の観測を行う。昔不知火が発生していたとされる海域である鏡川と、光路シミュレーションにより検討し、観望所で蟹気層が見える範囲であるとわかった大鞘川と水無川の水路上に漁火を出すこととした。



図 観測方向と漁火までの距離 (地理院地図より引用、加筆、等距離線 3 km)

(4) 観測方法

昨年までと同様に不知火が見られるとされる八朔(今年は9月3日)に熊本県宇城市不知火町にある永尾神社に足を運び、高さ1mの海岸と、高さ9mの観望所という高さの違う2地点で観測を行う。



図 観測地点の様子

(5) 観測結果

3つの漁火の内、鏡川、水無川に出した漁火に変化が見られなかったのに対し、大鞘川に出した漁火は1つだった光が横方向に分裂するという不知火のような現象を観測した。後日、本当に船の明かりが1つなのかを確認したところ、船には漁火の光源として使用したLED以外に観望所まで光が届くような強い明かりはついておらず、不知火の観測に成功したと説明することができる。また、気温と海水温の差や風速など気象的な要因を昨年度の観測時と比較したが、大きな差は見られなかった。そのため、漁火により不知火が発生するという仮説が正しいと言える。

図 観測した不知火現象 (2024/9/3/2:49観望所より撮影)



図 大鞘川に出していた漁火の様子

今回観測した不知火現象は高精度のカメラを用いることでやっとな観測することができた。しかし、昔不知火が見られていた時は観測機器はなく、肉眼で見られていたに違いはない。そのため、肉眼でも見られるような明瞭な不知火の撮影を目指す、さらなる観測を行うこととした。

(6) 明瞭な不知火の観測

八朔の観測時の反省を生かし船の位置、光源の種類を変え、大潮の日である八望(9月18日)により明瞭な不知火の観測に臨んだ。肉眼でも視認しやすいように永尾神社から近い鏡川に船を3隻出し、記録する際にハレーションを起こさないように前回よりも弱い光源を用いた。観測は八朔の観測時と同様に0時から3時まで行ったが、不知火を見ることはできなかった。

表 昨年度の八朔の観測時のデータ

項目	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00
気温 [°C]	25.1	25.2	25.1	25.0	25.1	25.6	25.7
海水温 [°C]	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
風速 [m/s]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

表 今年度の八朔の観測時のデータ (赤線は八望との比較)

項目	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00
気温 [°C]	25.1	24.8	25.1	25.0	25.1	25.6	25.7
海水温 [°C]	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
風速 [m/s]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

表 今年度の八望の観測時のデータ (赤線は八朔との比較)

項目	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00
気温 [°C]	25.1	25.1	25.1	25.0	25.1	25.6	25.7
海水温 [°C]	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
風速 [m/s]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

昨年度までの研究で不知火の発生条件として「視線方向の微風」があり、風が強すぎると左右の温度差が乱され、下位層気層になってしまうことが分かっている。八望の観測時は気温と海水温の差は八朔の観測時と大きな差はないが、風がやや強い傾向にある(八朔: 平均0.86m/s、八望: 平均1.36m/s)。そのため、八望の観測時は不知火が見られなかったと考えられる。

36年ぶりとなる**不知火の観測に成功**。「左右の温度差」、「視線方向の微風」、そして「漁火」という条件がそろえば**現代でも不知火を見ることができ**る。

5 考察: 風による不知火への影響

(1) シミュレーション方法

昨年度までの再現実験、八望の観測から風が不知火の発生に大きく影響していることが分かった。そこで、風が蟹気層にどのような影響を及ぼすのか、どの程度の風が最適なのかを調べるためにシミュレーションを行った。フリーの流体解析ソフトウェア Open FOAMで作成したシミュレーションモデルを用いて異なる風速の風を吹かせた時、温度層(温度が変化する空気層)がどのような影響を受けるのか調べる。



図 シミュレーションモデルの概念図

(2) 実行結果

得られた温度プロファイルは次のようになった。さらに温度の小数点第2位を切り捨てた値が気温と同じ24.1°Cになった時を収束点とし高さをプロットした。グラフから風速0.5m/sで収束点が一番高く、温度層が最も厚くなることが分かった。

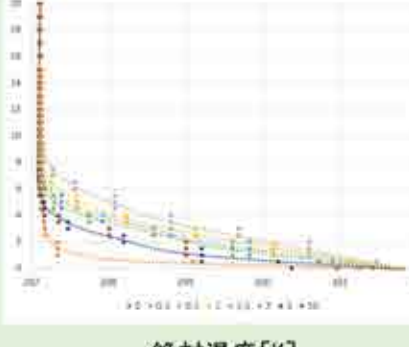


図 得られた温度プロファイルと収束点のグラフ

(3) 不知火発生に最適な風速

シミュレーションから得られた温度プロファイルを下位層気層のシミュレーションに入れた。すると、温度層が一番厚かった風速0.5m/sで最も浮き具合(蟹気層の変化の具合)が最大となることが分かった。そのため、不知火も浮き具合が大きくなりつつ、左右の温度差が乱されない風速0.5m/s程度の風が最適であると考えられる。

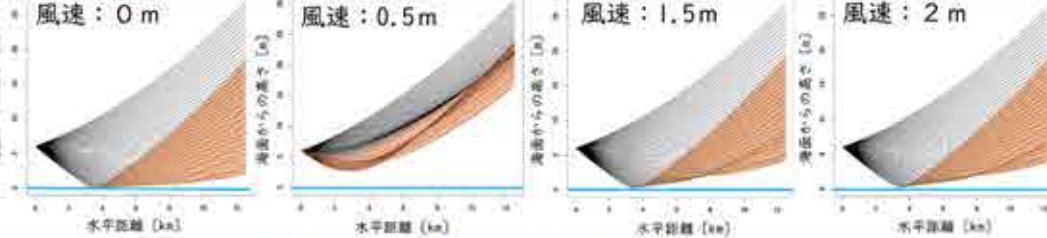


図 異なる風速での光路シミュレーション (オレンジ色は蟹気層が見える範囲)

温度層の厚さ、浮き具合が最大となりつつ、左右の温度差が乱されない**風速0.5m/s程度の微風**が不知火の発生に最適である。

6 まとめ・今後の展望

(1) まとめ

●左右の温度差は存在し、不知火は直線的に連続する干満が存在する不知火海でしか見られない
→直線的な地形は日奈久断層によるもの。不知火は地震が引き起こした?
●36年ぶりとなる不知火の観測に成功
●漁火の発生により不知火が発生する
●風のシミュレーションにより、不知火の発生には風速0.5m/sの風が最適である
●野外観測に加え、地形的考察、シミュレーションなどから不知火の発生・観測条件の解明に迫った
●不知火の解明により、人々の関心の向上や地域振興等の貢献が期待できる
(2) 今後の展望
●より明瞭な不知火の観測、撮影を行う ●再現実験の再現性の向上 ●八朔に見られる理由の解明

表 不知火と下位層気層の違い (先: 先行研究、自: 自分たちの実験)

項目	先行研究	自分たちの実験
条件	不知火	自
場所	不知火海のみ	自
方向	永尾 → 八代方面 (八代方面に光線、背景: 海)	自
時期	八朔	自
時間	夜	自
対象	漁火(点)	自
観測点の高さ	少し高い場所 (10mほど)	自
風速	だいたい風速が引き干潮時にかけて	自
提案	横に反転(逆方向風速) + 押さえる	自
時間変化	確認し、短時間変化	自
風速	確認し、短時間変化	自
風速の方向	(干満、冷たい河川、遠浅の海、地形)	自
風	視線方向の微風	自

7 謝辞・主な参考文献

観測にご協力いただいた八代漁協協同組合様、研究助成を頂いた公益社団法人中谷医工計測技術振興財団様、株式会社リガク様、株式会社グローバル・クラウドファンディング様及びご支援いただいた皆様、ご助言を下された先生方、本校教諭の本多栄喜先生など多くの方に感謝の意を申し上げます。
・川合秀明、北村祐二、柴田清孝 (2020、下位層気層の航路計算-マダガスカルで見た蟹気層-)
・気象庁・地理院地図・総合物理 (数研出版株式会社)・カシ米尔30・環境省
・不知火新考 (築地書館株式会社、立石蔵)・文芸春秋
・地上から見渡せる距離 - 高精度計算サイト
・不知火の研究 (葦書房有限公司 山下太利)
・八代干拓の歴史-我が田は緑なり- 海の基本図・産総研断層データベース
・埋没林」と「蟹気層」、富山湾のふたつの不思議に出会える博物館
・北海道・東北蟹気層研究HP・熊本県水産研究センター・不知火の研究 (大日本出版、宮西通可)