

分場拾遺Ⅹ 柳瀬氏から託されたデータから

—地震と漁獲— I 寺田寅彦

柳瀬良介氏は平成13年度、伊豆分場長で定年となり、静岡県職員を退職しました¹⁾。その際、柳瀬氏は「伊東分場に勤務していた時に気になって収集した」と言って、私にあるデータを託されました。

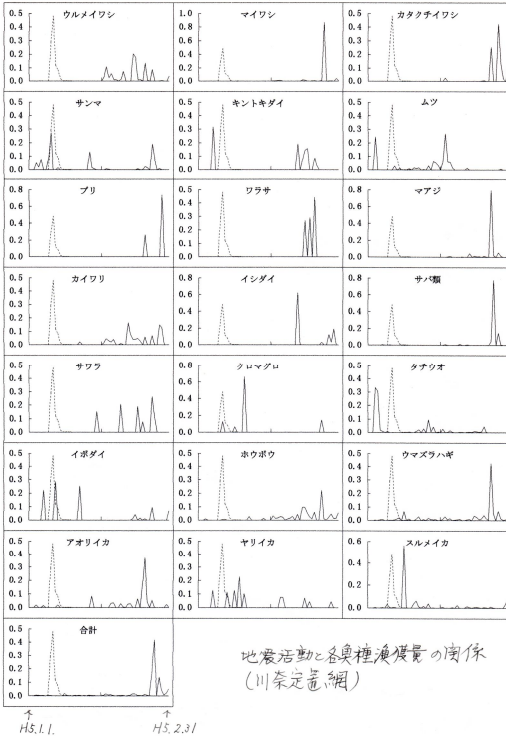


図1 柳瀬良介氏の資料

伊豆半島では昭和49年の伊豆半島沖地震以降、主に伊東周辺で群発地震が発生し、平成元年の手石海丘噴火につながり、その後も群発地震が発生していました。データは定置網の日々の漁獲量変動に群発地震の影響が表れていないか、あるいは群発地震の前兆現象が日々の漁獲量変動に表れていないかとの観点から収集されたものでした。図1は平成5年1月に発生した群発地震前後の川奈定置網の魚種毎の日々の漁獲量変動です。破線で地震の日別発生回数を、実線でそれぞれの魚種の日々漁獲量を表しています。サンマでは地震回数と同期しているように入網しています。それ

に対し、イボダイやキントキダイ、ヤリイカ、ムツ、タチウオといった魚種では群発地震の前にまとまって獲れ

¹⁾柳瀬良介氏は昭和53年度に宮城県水産試験場から静岡県水産試験場に移られ、主に伊豆分場、栽培漁業センターで栽培漁業研究を担当されていました。平成13年度をもって県を定年退職し、神奈川県大磯の自宅で過ごしていましたが、残念なことに病に侵され平成19年にご逝去されました。

ており、群発地震の前兆であるかのようなようです。しかし、大半の魚種では関係はないようです。柳瀬氏も地震と定置網の漁獲量に明確な関係を示すことができないために、発表する機会がなかったのではと思われます。

伊豆半島では昭和49年以降だけでなく、戦前にも群発地震が発生しており、昔から特定の魚種の漁獲量が地震と関係しているのではないかと興味を持たれていました。特に当场が収集している定置網の漁獲量データは多種多様な魚種の漁獲量が日々連続して得られるので、地震の前兆や影響を見るにはうってつけのデータです。今号から数回にわたり、伊豆沿岸を舞台に行われた「地震と漁獲」研究を振り返ってみたいと思います。

研究史 I 地震と漁獲 寺田寅彦¹⁻³⁾

最初にこの問題に科学的なメスを入れたのは、科学者・随筆家として有名な寺田寅彦氏でした。寺田は東京大学教授に兼務という形で数々の研究所に所属していました。「地震と漁獲」研究¹⁻³⁾は、地震研究所所員でありながら、水産講習所の嘱託であった寺田の面目躍如の研究でした。

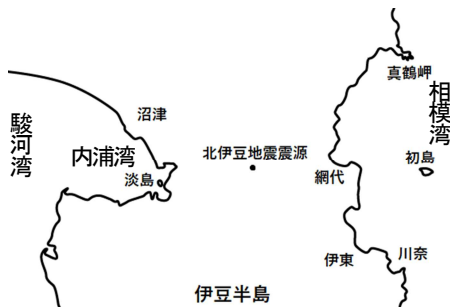


図2 伊豆半島北部と北伊豆地震震源

昭和2年に寺田の東京大学の教

え子である木村喜之助氏と宇田道隆氏が水産講習所に奉職、二人は競うように伊豆半島をはさむ駿河湾と相模湾で研究を開始し、成果を発表しました。木村は沼津内浦湾を、宇田は相模湾をそれぞれ研究フィールドとし、定置網の日別漁獲データを収集していました。日本水産学会は昭和7年に設立され、同年発行された学会誌第1巻第1号のトップを飾ったのは木村の論文⁴⁾で、内浦湾の定置網に入網したクロマグロ、キハダマグロの漁獲資料から得た体重組成の推移で成長を考察したものでした。木村は水産物理談話会報15号(1931 未見)に大正13～昭和4年の内浦湾淡島定置網の様々な魚種の日別漁獲量の図を載せたところ、地震と漁獲の関係について興味を持っており、信頼できる漁獲データを探していた寺田から昭和5年のデータを要望されました。

それは昭和5年が伊豆半島で地震の多い年だったからです⁵⁾。2月10日から4月10日に伊東沖で群発地震が発生し、一時鎮静したものの5月8日から再活性化し、8月に収束、その後、11月7日から網代の西10kmの地点で群発地震が発生し、11

Fig. 1.

Daily number of Idu Earthquakes and amount of catch of horse mackerel at Sigedera in 1930. The fish data for the days marked with asterisks are not exactly known but recorded as "abundant".

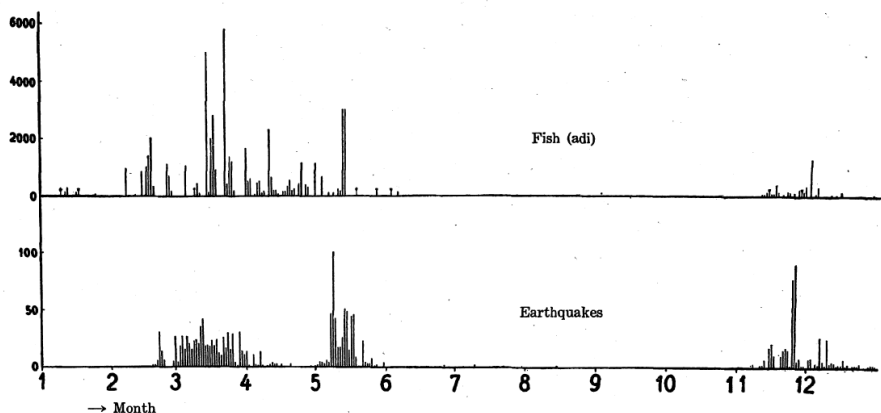


図3 昭和5年における伊豆周辺の群発地震回数と重寺漁場のマアジ漁獲量

Proceedings of the Imperial Academy, 8, Terada(1932)からの転載

月26日の早朝に本震である北伊豆地震が発生しており、寺田はこの日別地震データとの比較に耐えうる漁獲データを探していました。

寺田の要望に応えた木村が収集した漁獲データのうち、重寺漁場のマアジが地震の発生回数と良い対応がありました(図3¹⁾)。ピークで見ると3期ある群発地震群とマアジの漁獲は同調しており、地震と漁獲は関係あることを想像させます。寺田はこの結果に気を良くし、大正13~昭和4年のマアジ漁獲データと地震との関係を検討しました。

寺田が採用した科学的メスは次のような手順でした^{1-3, 6, 7)}。

- ① 漁獲量 n を、 $y = n^{\log(3/2)/\log 2}$ で変換する。この変換によって漁獲量が倍増した時に変換漁獲量 y は1.5倍になる。
- ② 変換漁獲量と地震回数を旬毎に集計する。1月は定置網の操業が行われないので、1年間で33旬(N)のデータが得られる。
- ③ ある年の変換漁獲量(f)と地震回数(s)の極大値(M)と極小値(m)の回数を数える。 Mf 、 Ms 、 mf 、 ms の4種類のデータを得る。
- ④ Mf 、 Ms 、 mf 、 ms から次の確率を計算する。

$$\text{漁獲の極大と地震の極大が一致する確率 } P_1 = Mf \cdot Ms / N^2$$

$$\text{漁獲の極小と地震の極小が一致する確率 } P_2 = mf \cdot ms / N^2$$

$$\text{漁獲の極大と地震の極小が一致する確率 } P_3 = Mf \cdot ms / N^2$$

漁獲の極小と地震の極大が一致する確率 $P_4 = m f \cdot M s / N^2$

- ⑤ ある年の変換漁獲量と地震回数から、直接、漁獲の極大と地震の極大が一致する回数を数え、 N で割り、実際の確率 Q_1 を求める。漁獲の極小と地震の極小が一致する実際の確率 Q_2 、漁獲の極大と地震の極小が一致する実際の確率 Q_3 、漁獲の極小と地震の極大が一致する実際の確率 Q_4 も同様に求める。
- ⑥ P_i と Q_i を比較する、また、 $(P_1 + P_2) / (P_3 + P_4)$ 、 $(Q_1 + Q_2) / (Q_3 + Q_4)$ を算出する。変換漁獲量と地震回数に正の相関があるなら、 $Q_1 > P_1$ 、 $Q_2 > P_2$ 、 $Q_3 < P_3$ 、 $Q_4 < P_4$ 、 $(Q_1 + Q_2) / (Q_3 + Q_4) > (P_1 + P_2) / (P_3 + P_4)$ となる。

一読しただけでは理解しにくいものの、表1のように分割表で考えると理解しやすくなります。実際の確率 Q_i と周辺度数($M f$ 、 $M s$ 、 $m f$ 、 $m s$)から期待される確率 P_i とでどちらが大きいか比べているわけです。

この解析の結果、マアジの漁獲と地震は関係があるらしいと結論づけています。

しかし、寺田が採用した方法は確率の大きさを比べているだけでデータ数の情報を使っていません。

従って、統計的な検定ではないことは明らかです。統計的検定を行うとすれば、データは表1、2のような分割表にまとめられるので、独立性の検定を行うことが考えられます。独立性の検定⁸⁾とは二つの属性間に関係があるかどうかを検定するもので、この場合は地震と漁獲との間に関係があるかどうかを検定します。実測度数と周辺度数からの期待値との食い違いを利用する χ^2 検定、あるいは実測度数が生起する確率を計算するフィッシャーの正確確率検定(期待値が小さい場合)のどち

表1 寺田が採用した方法の解説

		地震			計
		極大回数	極小回数	非極大・非極小回数	
漁獲	極大回数	$Q_1 \Leftrightarrow P_1$	$Q_3 \Leftrightarrow P_3$		$M f / N$
	極小回数	$Q_4 \Leftrightarrow P_4$	$Q_2 \Leftrightarrow P_2$		$m f / N$
	非極大・非極小回数				
計		$M s / N$	$m s / N$		1

表2 昭和5年の独立性の検定結果

1930年		地震		計
		極大回数	極小回数	
漁	極大回数	2	1	3
獲	極小回数	2	15	17
計		4	16	20

フィッシャーの正確確率検定 $P = 0.0877$

らかを使用します。

寺田の報告²⁾から大正13～昭和5年のデータを復元して、独立性の検定を行ってみました。復元したデータに矛盾が生じることが多く、寺田がどのようにして前掲手順③と⑤を進めたか不明な点が多々あります。データを当てはめた2×2分割表にフィッシャーの正確確率検定⁹⁾を行ったところ、帰無仮説（地震と漁獲は独立＝関係はない）はどの年も有意水準5%で棄却されませんでした。残念ながら統計的検定ではマアジの漁獲と地震は関係がないとなります。一例として昭和5年の検定結果を表2に示しましたが、有意水準10%であれば、帰無仮説は棄却されます。

昭和5年のデータは図3に示したように、視覚的にはよく対応していましたが、地震と漁獲変動の極大値と極小値の一致に注目した解析では統計的には有意になりませんでした。マアジも含めて定置網に入網する魚種は、地震でなくても移動回遊の結果、ある程度決まった時期に漁獲されます。通常の漁期を超えた地震の影響の抽出方法の検討、並びに採用する統計的検定の検討が必要と思われます。

また、寺田²⁾は地震が漁獲に影響を与える可能性を3点指摘しました。第一は、地震の衝撃またはそれらに関連する刺激が、魚によって直接感じられ、何らかの方法で、漁場に近づくように誘導する可能性です。第二は、地震の衝撃は、魚の餌となるプランクトンの生息層に何らかの影響を与える可能性です。第三は、地震は沿岸の海水の化学的性質に影響を及ぼし、地下水の擾乱を引き起こし、プランクトンや魚に間接的に影響を与える可能性です。

文献

- 1) Terada T. (1932) Earthquakes and Fisheries, Proceedings of Imperial Academy, 8, 83-86.
- 2) Terada T. (1932) On some Probable Influence of Earthquakes upon Fisheries, Bulletin Earthquake Research Institute, 10, 393-401.
- 3) Terada T. (1933) Earthquakes and Fisheries II, Bulletin Earthquake Research Institute, 11, 713-716.
- 4) 木村喜之助 (1932) 重寺漁場の漁獲に表はれしクロシビ、キハダの成長度、日本水産学会誌、1 (1)、1-4.
- 5) <https://ja.wikipedia.org/wiki/北伊豆地震>
- 6) Kimura K. (1936) A New Coefficient of Association between Two Attributes, 日本水産学会誌、5 (3)、146-148.
- 7) 宇田道隆 (1960) 海洋漁場学、恒星社厚生閣、東京、347pp.
- 8) <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/LaTeX/ExactTest.pdf>.
- 9) <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/exact/exact.html>. (長谷川雅俊)