HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	時系列解析法によるマグロ魚群動態の推定について
Author(s)	梨本, 勝昭; 黒木, 敏郎
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 19(2), 109-122
Issue Date	1968-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23353
Type	departmental bulletin paper
File Information	19(2)_P109-122.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

時系列解析法によるマグロ魚群動態の推定について*

梨本　勝昭**・黒木　敏郎***

Estimation of Tunny-shoals Dimensions by the Application of a Space-series Analyzing Method for Long-line Fishing

Katsuaki NASHIMOTO and Toshiro KUROKI

Abstract

In long-line fishing, many hundreds of hooks are set in line and many tunnies are baited in the aqua-space on the ocean. We may be able to see the phenomenon of fishing as the stationary process of probability under an elgodic condition of tunny-shoals shifts.

The authors applied the Time-Space Series Analyzing Method to estimate the dimensions of tunny-shoals, using the electronic computer HIPAC-103 and dealing the data from the Taisei-maru (in the eastern area off Madagascar, 1959–'60) and the Oshoro-maru (in the western area off Sumatra, 1964–'65).

They got the auto-correlograms and their power-spectrums of 16 examples of catch distributions in the operations of long-line fishing by Taisei-maru. The most dominant periodicities were found out in the space-lengths of 4.5 and 11～17 baskets, (the line-length of one basekt was ca. 240 m in shorten setting); and relatively remarkable periodicities were found in 7～9 and 20～40 basekts. The inspections about the relations between 2 successive operations (in one day and the next day) or 3 operations (in 3 consecutive days) were carried out. Furthermore, they compared the auto-spectrums of the catch distributions with the ones of the small-curves distribution in two examples of long-line fishing operated by the Oshoro-maru.

The conclusions from the investigation of calculated results are as follows:

● The dominances of space-dimensions in long-line fishing are recognized as the length of 1～2 km and the distance of 4～9 km. That is, the dimensions of tunny-shoals may be 1～2 km and the distances between the shoals may be 4～9 km.

● It is suggested that the shifting speed of tunny-sholas may be ca. 16.6 miles (30.8 km) per day in the eastern area off Madagascar.

● It seems that, in spite of the popular view of the coincidence of severe curves in a long-line setting with high hook-rates, the slight curves distribution in a long-line setting was not always coincide with the dominant catches distribution in the same long-line fishing.

緒　　言

マグロ魚群が遊泳移動している場合の群動態を調べようとする時，目視やソーナーに頼る方法では 10 数 m からせいぜい 300 m 程度の情報しか得られないのが現状である。黒木[1),2)]は大規模な群動

---

* 1967，'68年日本水産学会両年会において発表

** 北海道大学水産学部漁具設計学講座
(*Laboratory of Fishing Gear Design, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

*** 東京大学海洋研究所
(*Ocean Research Institue, University of Tokyo; Nakano, Tokyo*)

態が予想されることから，空間距離が数 100 km～数 1000 km 程度の漁場における釣獲率の頻度に規則的なピークが認められることに注目し，魚群の二重構造を想定して確率計算を行い魚群団の距離間隔や一群団の大きさなどを推定している。また，黒木[3] はサケ・マスの魚群動態を知る為に，刺網漁獲は空間点の連続系列で定常確率過程と見做され且つエルゴード的に生じているものと想定されることから時系列解析法を空間解析に適用して，オートコレログラム並びにパワースペクトルを算出しサケ・マスの空間規模を調べ，更に近接した時空間内の複数操業相互間の解析を行なって魚群の動態を推定している。

本報告では三重県試験船大勢丸の延縄漁獲資料を用い，鉤ごとや鉢ごとの釣獲魚の連続した空間数列を作ってこれに時系列解析法を適用し，マグロ魚群の動態を推定することを試みた。一般に延縄漁業では曲つて浮設された鉢の附近で釣獲頻度が高いと云われているので，割合に平坦な海況において局所的な風や投縄時の船の舵方などによって起こる浅い曲りの場合にも魚が良く掛るかどうかを確かめるために北大練習船おしよろ丸の資料を用い釣獲魚と延縄の曲りとの時系列解析を行ない比較検討した。

本論に入るに先立ち，資料を快よく提示して下さった三重県立大学水産学部山口裕一郎助教授とおしよろ丸の資料を採るに当たって御協力頂いた藤井船長以下乗組員の各位とに深謝の意を表する。また，計算機プログラムの作製についていろいろ御援助を賜った北海道大学水産学部川島利兵衛助教授に感謝する。尚，本研究の所要経費の一部には京都大学農学部川上太左英教授主班の「マグロ延縄漁業省力化の基礎確立に関する研究」に対する農林省応用試験研究費補助分担金を以って当てた。附記して謝意を表する。

資料並びに解析方法

魚群の動態解析には，1959～'60 年マダカスタル東方海域 (印度洋) における大勢丸の操業結果を使用した。数 10 操業の中からほぼ直線的に浮設され，且つ漁獲の多い 16 例を選びこれを計算の対象としたが，本論では連続日操業の近接浮設された 7 例と時空間の著しく離れた一例の合計 8 操業例だけを取り上げた。その操業資料を Appendix I (1) に掲げる。また，浮設地点と縄の方向を Fig. 1 に示す。図中の数字は操業番号，矢印は浮設の開始→終了の方向を示す。操業の漁獲資料を整理して各操業例について 5 本付け 1 鉢ごとの漁獲尾数を数値列として並べた。更に操業番号 8 については鉤ごとの数列を作った。ここでは漁獲されたマグロ類を全部入れ混みにして数えたが，ビンナガの漁獲率は 85～95% の優勢を示しているので，得られる情報はビンナガ魚群に関するものとして考えて良いであろう。

一方，縄曲りと釣獲魚の関係との解析には，1964～'65 年スマトラ南西方海域で行ったおしよろ丸の操業結果[4] を使用した。この操業で揚縄時の 1 鉢ごとの方位を観測したのは 13 例あったが概して魚群が薄く (釣獲率 3.2% 以下)，計算処理に充分な漁獲のあった操業は 11 番と 12 番だけであったのでこの 2 例のみを計算の対象とした。この両操業の漁獲資料を Appendix I (2) に掲げる。また，両操業の揚縄時の平面浮設図を Fig. 2 に示す。投縄時に選ばれた主方位は 11 番操業で 20°，12 番操業では 350° であった。両者共にほぼ直線的になっているが，1 鉢ごとに見ると浅く曲っていてその曲り方は不規則に見える。この曲りの現れ方を時系列解析するために，次の 5 つの資料処理を行ない 5 種の角度変位量を採用した。

(1) 主方位 (投縄時に船が前進した主方向) からの各鉢揚縄時の振れ角度 (i=0 記号で表示)。(2) n 番目の鉢縄と (n+1) 番目の鉢縄となす角度 (i=1 記号で表示)。(3) n 番目の鉢縄と (n+2) 番目の鉢縄となす角度 (i=2 記号で表示)。(4) n 番目の鉢縄と (n+4) 番目の鉢縄となす角度 (i=4 記号で表示)。(5) n 番目の鉢縄と (n+8) 番目の鉢縄となす角度 (i=8 記号で表示)。

これら 5 種の角度数列を作った。これらの時系列解析の方法はまず鉤ごとまたは鉢ごとの漁獲並び

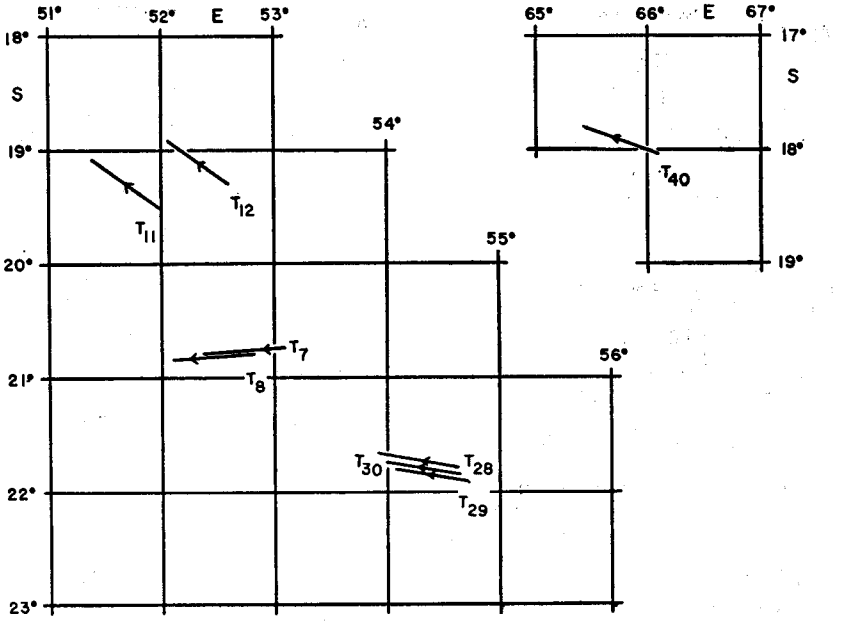

Fig. 1. Positions and directions of long-line fishing set
(Taisei-maru, in the eastern area off Madagascar)
Suffixed number; No. of fishing operated
Arrow mark; direction from the beginning to the finishing of long-line setting

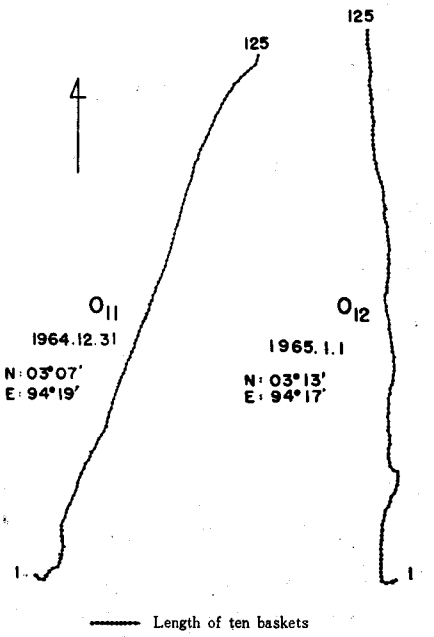

Fig. 2. Plan figures of pattern of long-line sets in two operations O_{11} and O_{12}
(Oshoro-maru, in the western area off Sumatra)

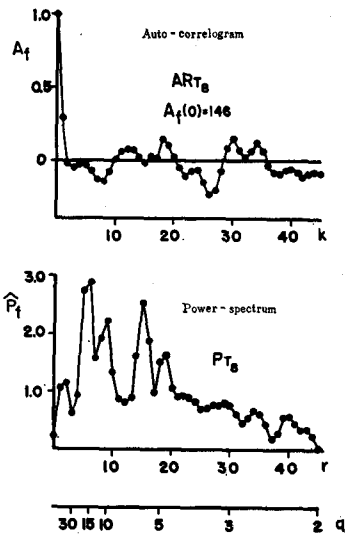

Fig. 3. Distribution pattern of catch by successive hooks
(No. T-8 ; 1959, Nov., 28)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 45 (Unit; hook number):
q; frequency Cf. Appendix II

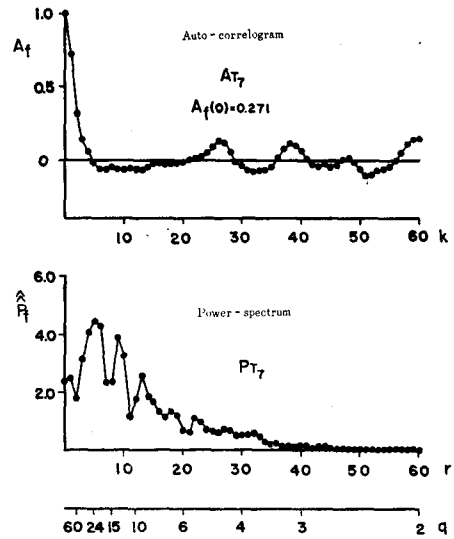

Fig. 4. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-7 ; 1959, Nov., 27)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 (Unit; basket number):
q; frequency Cf. Appendix II

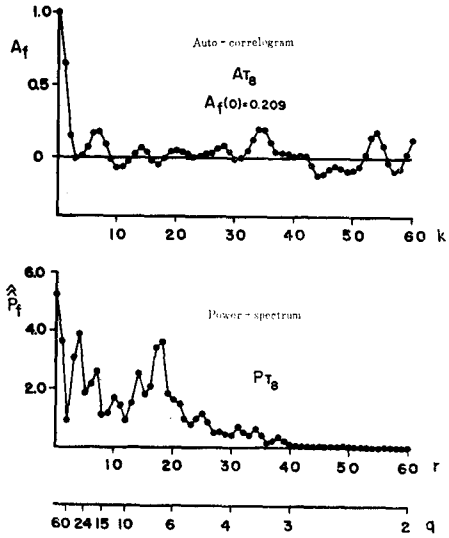

Fig. 5. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-8 ; 1959, Nov., 28)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 (Unit; basket number):
q; frequency Cf. Appendix II

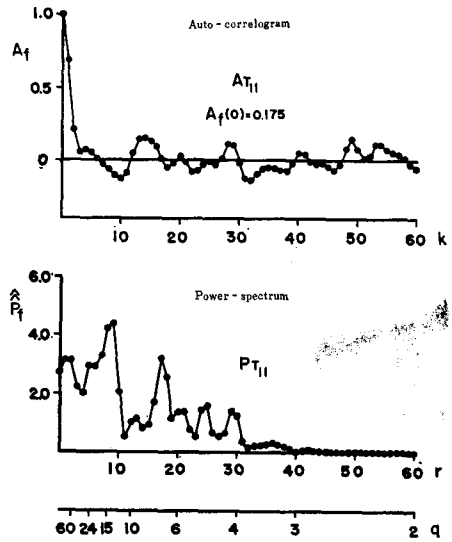

Fig. 6. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-11; 1959 Dec., 11)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 (Unit; basket number):
q; frequency Cf. Appendix II

に縄曲りの数列のオートコレログラムを求め，更にこれをパワースペクトルに変換した。この計算式は本文では省略し Appendix II に掲げる。なお，この計算には北海道大学計算センターの HIPAC 103 を使用した。

計　算　結　果

一鉤ごとの計算結果　操業番号8を使い，2050本の釣縄のうち入れ始め側600本で計算しても終了側600本で計算しても相似の結果を得たので，ここでは1201番目の縄から1945番目までの縄745本を抽出してこれについて計算した。求めたオートコレログラムとパワースペクトルを Fig. 3 に示す。周期 (q) としては 10, 15 本などの5本の倍数の所に顕著さが認められる。また，6本の周期も著しい。

5本付け1鉢ごとの計算結果　同じ地点で同方向に浮設し二日続けて操業した7番と8番とについて計算した結果が Fig. 4, Fig. 5 であり，同じく二日連続に操業した例のうち約 40 mile 隔たった地点で同じ方向に浮設された11番と12番との計算結果を示したのが Fig. 6, Fig. 7 である。更に3日連続に同じ地点で等しい方向に浮設した28番，29番，30番操業について計算した結果を Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10 に示す。また，操業地点も時間もこれらとは相当離れた40番操業の計算結果を Fig. 11 に示す。これらの鉢単位のオートコレログラムとパワースペクトルを概観すれば，4.5鉢や7～9鉢の短周期性，11～17鉢並びにその約倍の20～40鉢の長い周期性が認められる。魚群の薄いおしよろ丸の11番，12番操業の漁獲状況のオートコレログラムとパワースペクトルを求めたのが Fig. 12, Fig. 13 である。11番操業での漁獲の周期 (q) は 20，12～11，8～5.7，4.5鉢に見られ，特に11鉢目，5.7鉢目の周期性が著しい。12番操業では 40，11，8，6.4，5.5～4.5鉢に周期が認められ，特に40鉢と8鉢で著しく現われている。

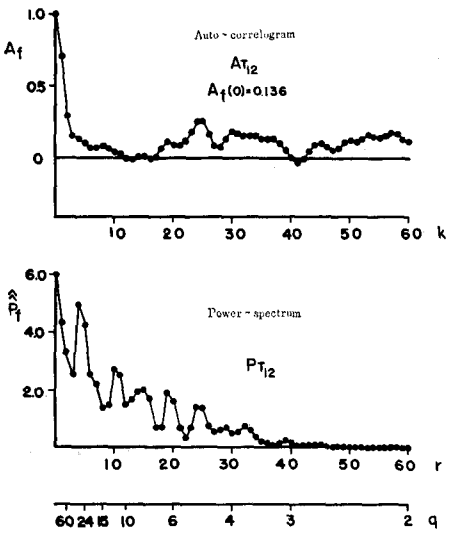

Fig. 7. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-12; 1959, Dec., 12)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency　　} Cf. Appendix II

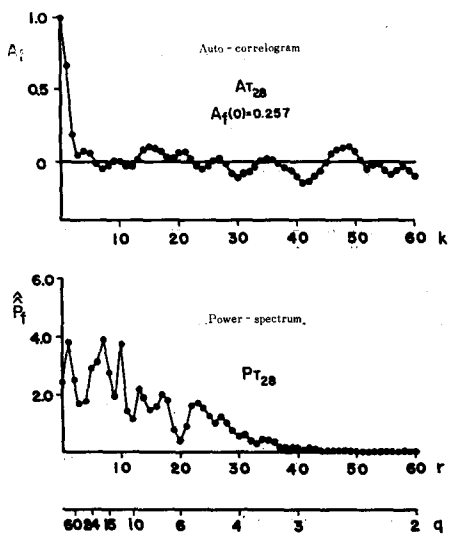

Fig. 8. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-28 ; 1959. Dec., 19)
Upper figure; auto-correloggran
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency　　} Cf. Appendix II

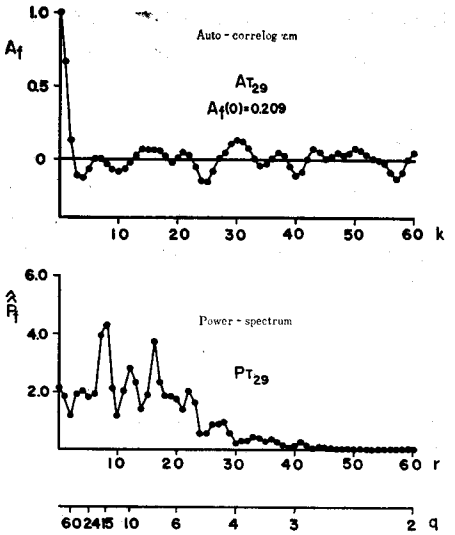

Fig. 9. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-29 ; 1959, Dec., 20)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

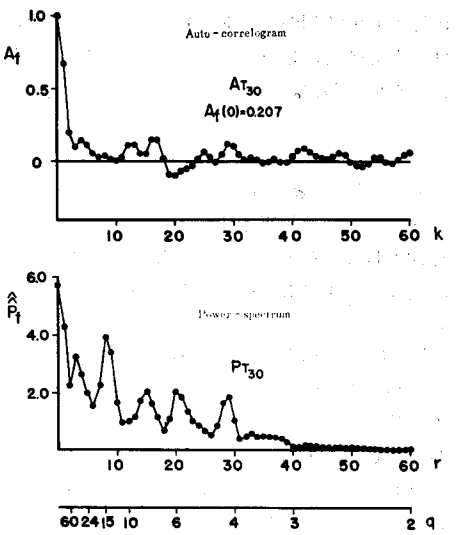

Fig. 10. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-30; 1959. Dec., 21)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

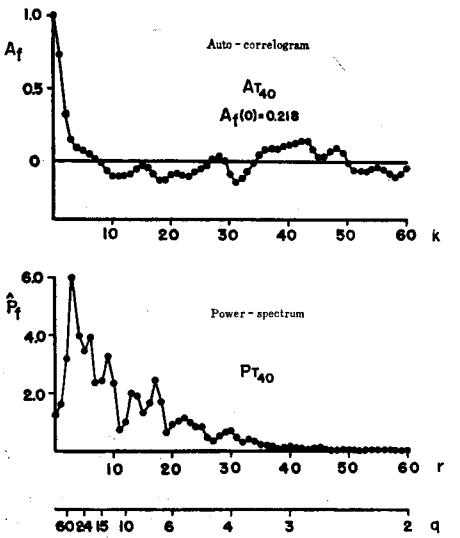

Fig. 11. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. T-40 ; 1960, Jan., 7)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

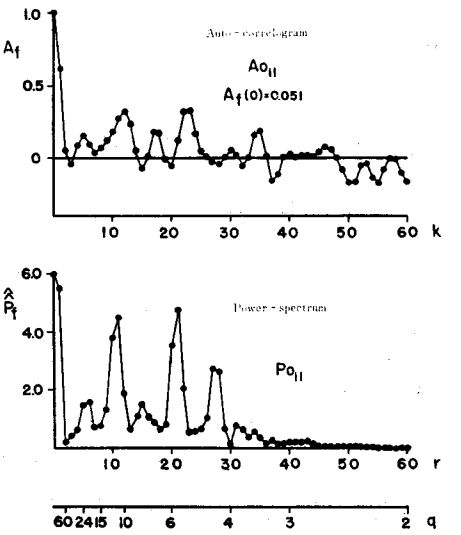

Fig. 12. Distribution pattern of catches in successive baskets
(No. 0-11 ; 1964, Dec., 31)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

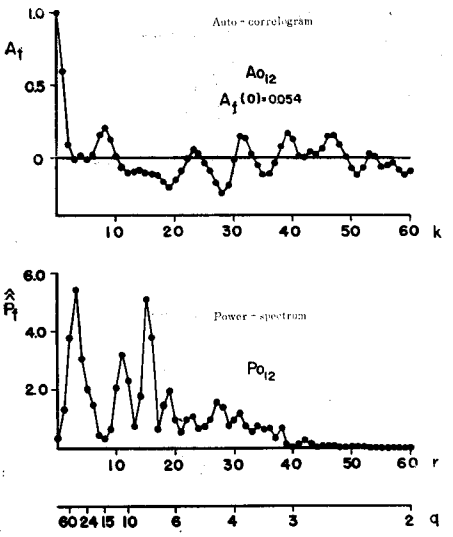

Fig. 13. Distribution pattern of catches in succesive baskets
(No. 0-12; 1965, Jan., 1)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

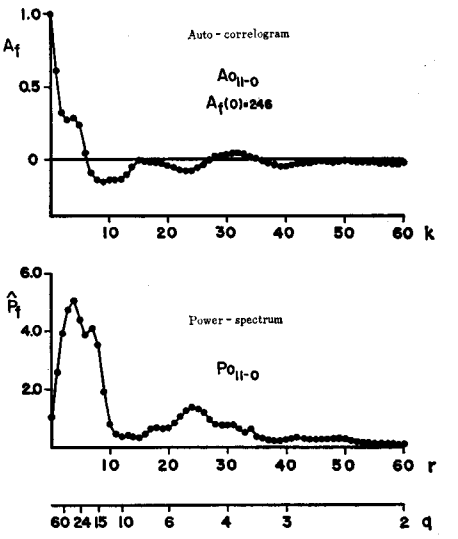

Fig. 14. Distribution pattern of deviation angle against the initial direction of long-line setting
(No. 0–11; 1964, Dec., 31)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

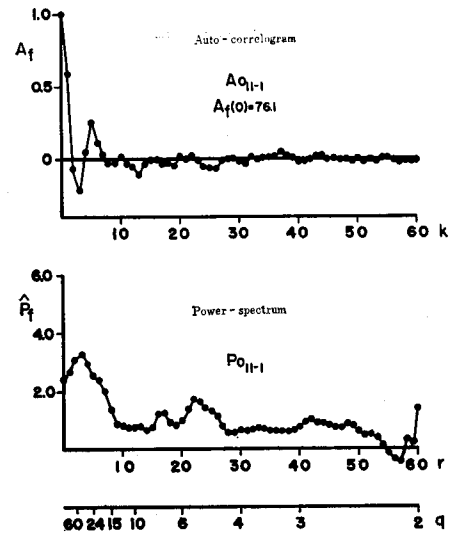

Fig. 15. Distribution pattern of the angle between successive 1 unit (basket) of long line set
(No. 0–11; 1964, Dec., 31)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

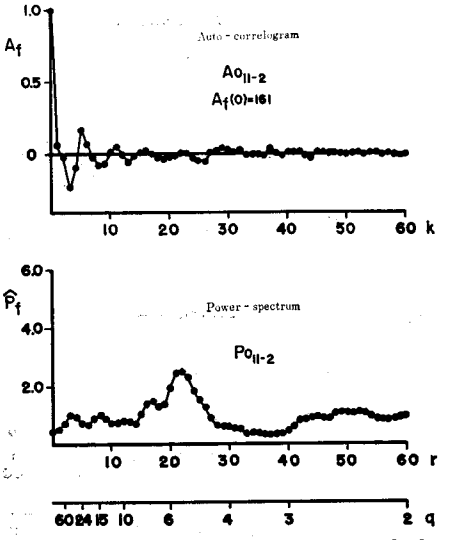

Fig. 16. Distribution pattern of the angle between successive 2 units (basekts) of long line set
(No. 0–11; 1964, Dec., 31)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

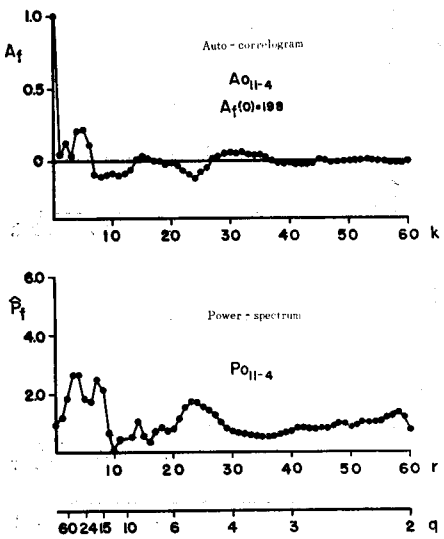

Fig. 17. Distribution pattern of the angle between successive 4 units (basekts) of long lines set
(No. 0–11; 1964, Dec., 31)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

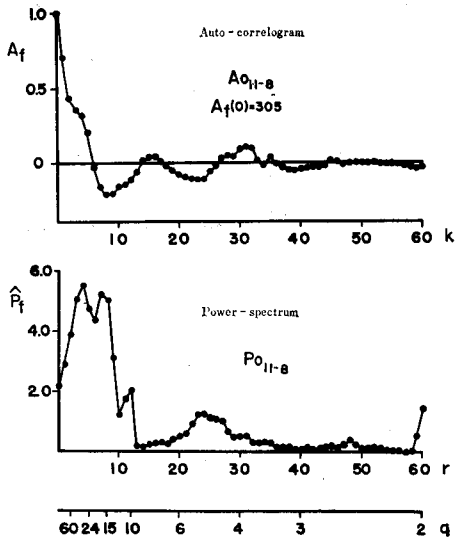

Fig. 18. Distribution pattern of the angle between successive 8 units (baskets) of long-lines set
(No. 0–11; 1964, Dec., 31)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

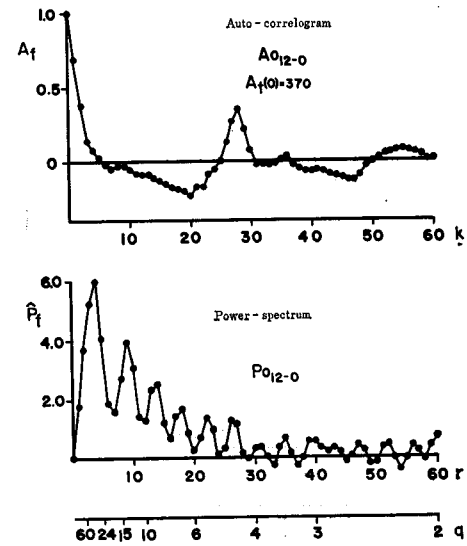

Fig. 19. Distribution pattern of deviation angle against the initial direction of long-line setting
(No. 0–12; 1965, Jan., 1)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

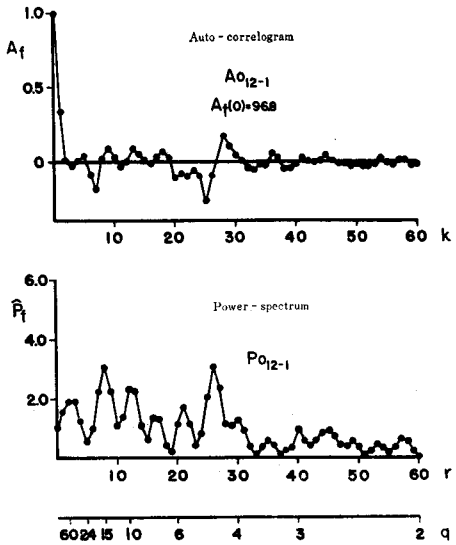

Fig. 20. Distribution pattern of the angle between successive 1 unit (basket) of long-line set
(No. 0–12; 1965, Jan., 1)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . ., 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

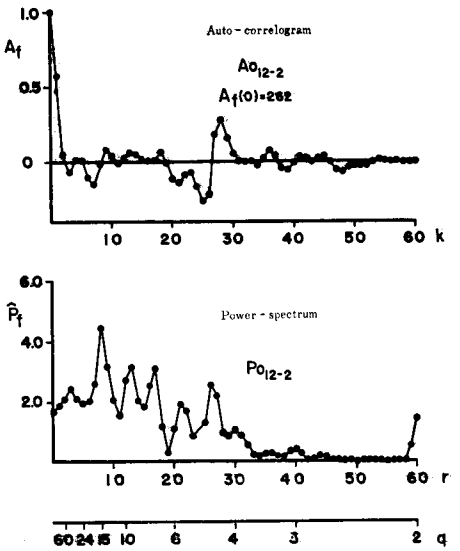

Fig. 21. Distribution pattern of the angle between successive 2 units (baskets) of long-line
(No. 0–12; 1965, Jan., 1)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

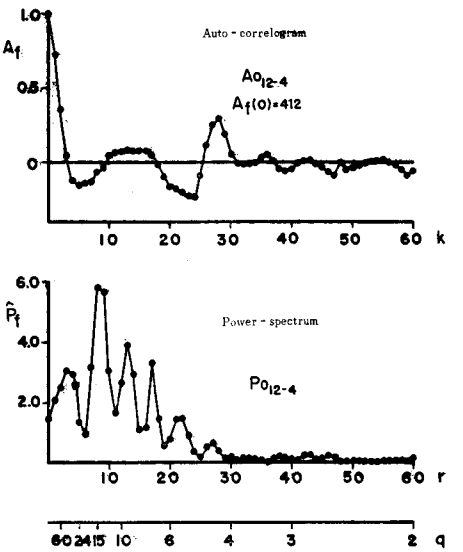

Fig. 22. Distribution pattern of the angle between successive 4 units (baskets) of long-line
(No. 0–12; 1965, Jan., 1)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

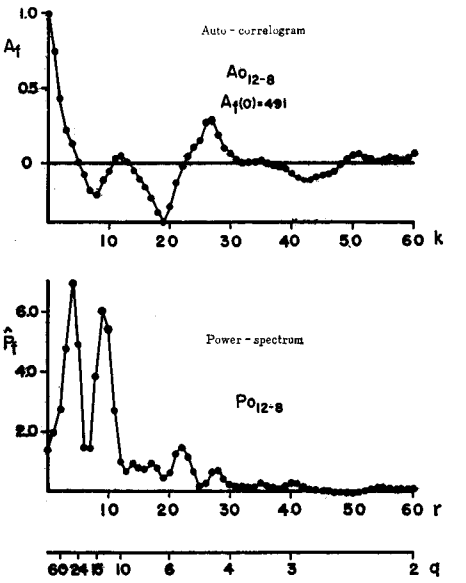

Fig. 23. Distribution pattern of the angle between successive 8 units (baskets) of long-line
(No. 0–12; 1965, Jan., 1)
Upper figure; auto-correlogram
Lower figure; power-spectrum (weighted)
k, r=0, 1, 2,. . . . , 60 } (Unit; basket number):
q; frequency } Cf. Appendix II

縄曲りの計算結果 11番操業の縄曲りの資料について処理し前述5種類の角度数列を作りオートコレログラムとパワースペクトルを計算したのがFig. 14～Fig. 18であり，12番操業のそれらを示したのがFig. 19～Fig. 23である。Fig. 14～Fig. 18を見れば，40～30鉢の長い空間周期と5.4～5.0鉢の短い周期が優勢であつて，前者はi=0～8の間にi=2で一旦弱くなり再び優勢になるのに対して短い周期の後者ではi=2で最も卓越して輝線型スペクトルになっていることが判る。更に両者とも僅かに長い周期側へづれてまた戻っている（30→40→30鉢，5.0→5.4→5.0鉢と変化する）事が認められる。Fig. 19～Fig. 23でもi=0～8の間で長い周期側へづれてまた元に戻っている傾向や長い周期40～30鉢と短い周期5.7～4.8鉢とがその優劣を逆に現わす傾向など11番操業（Fig. 14～Fig. 18）と同じ傾向を示すが，ただこの場合15～13鉢，10～9鉢，7鉢にも著しい周期性を示していることが特徴的である。

結果の判定並びに考察

魚群動態について 上述の結果魚群の動態に関する情報としては次の諸点がくみ取られるであろう。まず釣ごとの解析計算で5本またはその倍数の周期性が認められる。使用された延縄の構成が5本付けであるので，これらの周期性が見られるのは当然と云えよう。しかし，6本周期や僅かではあるが4本周期が認められることについては1鉢内の端の枝縄では釣獲頻度が落ちると云う盛田の考え方[6),8)]を採り入れる以外に説明出来ない。更に多くの情報が入り込んでいるであろうが今の所は良く判らない。大勢丸の使用した延縄は一鉢300mの構成であるが，操業の際には平均約80%に縮め浮設しているので，1鉢の平均的な空間長さは約240mと見做せる。前述の計算で得られた解析結果を空間長さに換算すると短いもので1～2 km，長いもので4～9 km程度の空間規模の情報が漁獲に現われていることを知る。これらの空間規模は以前に黒木[1)]が算定したビンナガ魚鮮の群団の大きさやその間隔などの規模と大体一致している。

これらを利用して更に魚鮮動態を考えて見よう。横軸には鉢単位の空間周期を取り，周期性の強さを黒丸の大きさで4段階に分けて連続する日の操業に生じる優勢な周期を描いたのがFig. 24である。これから判るように同じ場所での連続日操業例2組（操業番号7, 8並びに28, 29, 30）と約40 mile隔ててほぼ同方向に浮設して連続日操業した1組の例（操業番号11, 12）三者とも，収斂する直線群上に黒丸が乗って強い相似性を示す。前の二組では共に等しい時間点（縦約1日の間隔の3.9倍）に収斂しているが，後者の1組ではこれよりも短かい時間点（約1日間隔の1.4倍）へ収斂していることが判る。その差は，縦1日分の間隔の約2.5倍になっている。もしこの差が同一点操業と40 mile隔てた点での操業との空間差によるならば，40mileの空間差が図上計算によって求まる2.4～2.5日の時間差と等値であることを示すものと判断出来，マグロ魚群は1日に約16 mileを移動している事になる。更に論を進め，魚群が1日に1輪のループを画くものと考えれば，その直径は約5 mileとなり，漁獲に現われた長い鉢周期40鉢，空間長さ約5 mileと一致してくる。群の移動方向については，平行浮設の操業が多かった点や魚群の移動前線と縄の浮設主方向とのなす角度が一昼夜間でも種々変化する点などを考えると，これ以上の情報はつかみ得ない。なお，相当離れた時空間（1ケ月以上，約800 mile）での操業例（操業番号40）ではFig. 11に示したように前述の諸例と比べオートコレログラムもパワースペクトルも著しく異なっており，魚群の空間や動態はかなり変化してしまっている事が推定出来る。

縄曲りと漁獲について おしよろ丸の両操業に使用された延縄構成は100鉢が4本付け250 m，残り25鉢が5本付け300 mであって，11番操業では81%，12番操業では73%に短縮浮設されたので，1鉢当りの空間（平均的）長さを200mと見做して良い。すると前節の結果から釣獲魚の空間周期は8.0～4.0 km，2.2 km，1.6 km，1.2～0.9 kmと計算され大勢丸操業の場合と近似的な動態規模が現われていることを知る。次に縄曲りの鉢周期を空間長さで考えると両操業を通じて空間周期は8.0～6.0 km，3.0～2.6 km，2.0～1.8 km，1.4 km，1.1～0.9 km程度の5区分となる。これらを漁獲の空間周期性と比

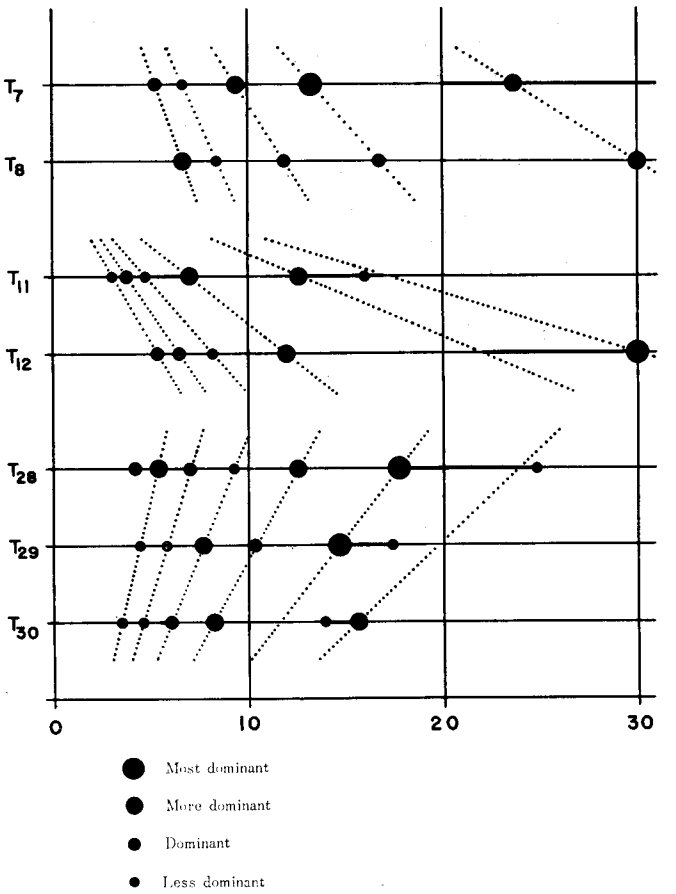

Fig. 24. Similarities of dominant frequencies between 2 or 3 fishings, successively operated

較すると，特に長い周期(8.0～6.0 km) と特に短い周期(1.1～0.9 km) とを除いては一致しないことが判る。浮設された延縄の曲った所に魚が良く釣れるものであるならば，縄の曲りの周期性と漁獲の周期性とはほぼ一致して現われてくる筈であろう。両者の周期性が全く一致してしまうとそれ以上の情報は得られず，かえって漁獲の現われ方が魚群動態の本質より生じたものなのか，縄の曲りによってそのように現われたのか両者の判別さえ怪しくなる。

得られた結果では前述のように，極く長周期と短周期を除けば縄曲りと漁獲周期とは一致しない。ここではパワースペクトルの山の高低の量的差違に眼を向けず，単に山，谷の位置だけに着目すれば奇妙な点に気が付く。すなわち，20～6 鉢範囲の空間周期では漁獲のパワースペクトルの山が縄曲りのパワースペクトルの谷に，縄曲りのパワースペクトルの山が漁獲のパワースペクトルの谷にほぼ一致していることである。Fig. 25 では上に 12 番操業の漁獲のパワースペクトルを描き，山の位置に強さに応じて大小の黒円を，また谷の位置に下向き黒三角形を置き，その下には縄曲りのパワースペクトルを同じように山，谷を黒丸と黒三角で描き (12 番操業 i=0, 1, 2, 4, 8 の順に) 示した。これから判るように i=2, 4 では漁獲のパワースペクトルと縄曲りのパワースペクトルでは逆相の一致を示している。この解析結果からだけでは明確な情報をつかみ得ないが，少なくともこのような縄の浅い

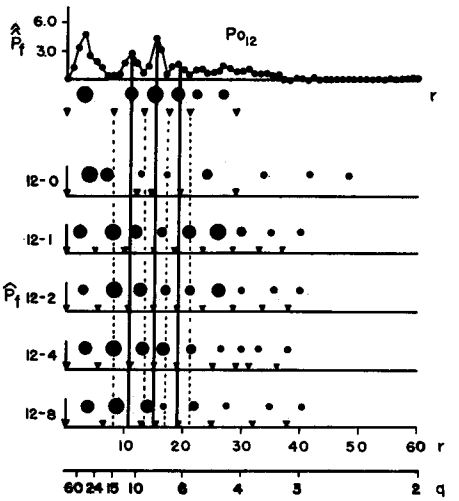

Fig. 25. Relation between the auto-spectrum of catches and the deviated or cruved angles $0\text{–}12_{0\text{-}8}$
r=0, 1, 2,...., 60 (Unit; basket number):
q; frequency Cf. Appendix II

曲がりでは常に漁獲は良いとは云えない事を示すであろう。敢えて推量を延長すれば，魚の良く掛る周期性と縄の曲っていない周期性とが合致していると読む事によって延縄の浮設された主方位とほぼ直角な方向へ魚群移動の主方向が合致していると考えることが許されるのではあるまいか。つまり，スマトラ南西方海域での魚群は12番操業の頃ほぼ東西方向（方位 80°）に移動していたと考えて良いのではないか。しかし，否定の証明は必ずしも肯定を含み得ないので，正確な情報判定には更に充分な検討を要することは勿論であろう。

要　　約

マグロ延縄で漁獲される魚や浮設された縄の曲りは連続した空間数列と考えられることから時系列計算を適用し，それから情報をくみとる手順で魚群の空間構造，群動態を解析すると共に縄曲りと漁獲頻度の関係について検討した。解析の資料として動態解析には1959～'60年マダカスタル東方海域で操業した大勢丸の結果，縄曲りについては1964～'65年スマトラ南西方海域で操業したおしよろ丸の結果を使用した。計算解析結果次の諸点が情報として判った。(1) マグロが延縄に出現する空間周期は短いもので 1～2 km，長いもので 4～9 km，また群の薄いおしよろ丸資料も同一の規模となった。(2) 同一空間の連続日操業の空間周期の解析から，魚群は1日に 16 mile 移動していることが情報としてくみ取れる。また，魚群が1日に1輪のループを描くとすれば，その半径は 5 mile 程度になると考えられる。(3) おしよろ丸の資料解析から浅い縄曲りと漁獲周期とは一致しない結果を得たので，風や船の舵によって起こる程度の浅い曲がりでは曲がった所で漁獲が常に良くなるとは云えない。

文　　献

1) 黒木敏郎 (1956)．釣獲率よりするビンナガ魚群態の算定理論．鹿大水産紀要，**5**，78-90.
2) Kuroki, T. (1961). Dimensions of albacore shoal in the Pacific Ocean. *Pro. 9th, Pacific. Sci. Cong.*, **10**, 46-53.
3) 黒木敏郎 (1965)．サケ・マス魚群空間構造の解析法．北大水産彙報，**16**(1)，7-27.
4) 海洋調査漁業試験要報 (1966)．北大水産学部，**10**，36-92.
5) 盛田友弘 (1962)．マグロ延縄構造による漁獲性能に関する研究(III)．鹿大水産紀要，**11**(1)，8-13.
6) ——— (1966)．マグロ延縄漁具に関する研究．北大学位論文(未印刷)，24-86.

Appendix I

(1) Data (Taisei-maru in the eastern area off Madagascar, 1959–'60)

Fishing No.	Date (Set in)	Fishing position		Direction of setting (°)	Number of baskets used	Number of hooks used	Catch (number of fish)
		Lat (°-′)	Long (°-′)				
7	Nov. 27	20-44	53-05	270	480	2040	232
8	28	20-47	52-50	270	410	2050	142
11	Dec. 1	19-30	52-00	305	412	2060	154
12	2	19-17	52-30	305	396	1980	131
28	19	21-48	54-38	280	412	2060	280
29	20	21-55	54-44	280	411	2055	254
30	21	21-51	54-38	280	411	2055	251
40	Jan. 7	18-02	06-06	290	406	2030	171

(2) Data (Oshoro-maru in the western area off Sumatra, 1964–'65)

Fishing No.	Date (Set in)	Fishing position		Direction of setting (°)	Number of baskets used	Number of hooks used	Catch (number of fish)
		Lat (°-′)	Long (°-′)				
11	Dec. 31	03-07	94-69	20	125	525	19
12	Jan. 1	03-13	94-05	350	125	525	20

Appendix II

Formulae for calculation and notations

n : ordered number of unit basket (or hook) of Long-line from one end
$F(n)$: catch per every n-th basket (or hook)
${}_0F(n)$: deviation angle against the setting direction of long-line every n-th basket

Deal with data;

(1) Catch per one basket (or hook)

$n = 2 \sim (M-1)$

$$\hat{F}(n) = 0.25F(n-1) + 0.50F(n) + 0.25F(n+1)$$

$n = 1$

$$\hat{F}(n) = 0.67F(1) + 0.33F(2)$$

$n = M$

$$\hat{F}(M) = 0.33F(M-1) + 0.67F(M)$$

(2) In the calculation are used the five angles as follows

$${}_0F_0(n) = {}_0F(n)$$

$${}_0F_1(n) = {}_0F(n+1) - {}_0F(n)$$

$${}_0F_2(n) = {}_0F(n+2) - {}_0F(n)$$
$${}_0F_4(n) = {}_0F(n+4) - {}_0F(n)$$
$${}_0F_8(n) = {}_0F(n+8) - {}_0F(n)$$

Both of ${}_0F_{0\text{-}8}$ and $F(n)$ are notated as only $f(n)$ in the following calculations.

Average;

$$\bar{f} = \frac{1}{M}\sum_{n=1}^{M} \hat{f}(n) \qquad [n = 1, 2, 3, \cdots, M]$$

Deviation;

$$X(n) = \hat{f}(n) - \bar{f}$$

Auto-covariation;

$$C_x(k) = \frac{1}{M}\sum_{n=1}^{M} X(n) \cdot X(n+k) \qquad [k = 0, 1, 2, \cdots, h]$$

Auto-correlation;

$$A_f(k) = \frac{C_x(k)}{C_x(0)}$$

For (periodicity-) spectrum analyzing, put frequency q.

$$q = r/(2h \cdot \Delta t) \quad [r = 0, 1, 2, \cdots, h;\ \text{here } \Delta t \text{ one basket (or hook)}]$$

$$P_x\left(\frac{r}{2h \cdot \Delta t}\right) = \Delta t\left\{A_f(0) + 2\sum_{k=1}^{n-1} A_f(k) \cdot \cos\frac{\pi \cdot r \cdot k}{h \cdot \Delta t} + (-1)^r A_f(h \cdot \Delta t)\right\}$$

Power-spectrums are shown as the series of following values;

(1) Catch per one basket

$r = 2 \sim (h-2)$

$$P_x(r) = -0.06\,P_x(r-2) + 0.24\,P_x(r-1) + 0.64\,P_x(r) + 0.24\,P_x(r+1) - 0.06\,P_x(r+2)$$

$r = 0$

$$P_x(0) = 0.78\,P_x(0) + 0.29\,P_x(1) - 0.07\,P_x(2)$$

$r = 1$

$$P_x(1) = 0.23\,P_x(0) + 0.60\,P_x(1) + 0.23\,P_x(2) - 0.06\,P_x(3)$$

$r = h-1$

$$P_x(h-1) = -0.06\,P_x(h-3) + 0.23\,P_x(h-2) + 0.60\,P_x(h-1) + 0.23\,P_x(h)$$

$r = h$

$$P_x(h) = -0.07\,P_x(h-2) + 0.29\,P_x(h-1) + 0.78\,P_x(h)$$

(2) Deviation angle against the setting direction of long-line; and catch per one hook.

$r = 2 \sim (h-1)$

$$P_x(r) = 0.25\,P_x(r-1) + 0.50\,P_x(r) + 0.25\,P_x(r+1)$$

$r = 0$

$$P_x(0) = 0.75\,P_x(0) + 0.25\,P_x(1)$$

$r = h$

$$P_x(0) = 0.25\,P_x(h-1) + 0.75\,P_x(h)$$