

日本のミナミマグロ延縄操業パターンの変化の検証：2020年漁期

Change in operation pattern of Japanese southern bluefin tuna  
longliners in the 2020 fishing season

伊藤智幸

Tomoyuki ITOH

国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所

National Research Institute of Far Seas Fisheries,

Japan Fisheries Research and Education Agency

要約

日本延縄船によるミナミマグロの漁獲データは、CCSBT におけるミナミマグロの資源評価ならびに MP において最も重要なものとして使用される。過去 10 年間と比較し、最近年の操業パターンの変化を検討した。漁獲量、隻数、操業のあった時空間、海区別割合、体長組成、操業の集中度を検討した結果、操業パターンの大きな変化は 2020 年には生じていなかった。2020 年の日本延縄漁業の CPUE は従来と同程度に資源を反映したものとみなすことができるだろう。2020 年の漁獲枠増加には、CPUE の増加が最も貢献し、操業時空間の拡大及び操業回数の増加はそれより小さい程度で貢献した。

Summary

The Japanese longline data have been used as the most important scientific data in stock assessment and Management Procedure of southern bluefin tuna (SBT) in CCSBT. Compared to the past 10 years, we examined the change of the operation pattern of the longline fishing in the most recent year. No remarkable change was found in the 2020 operational pattern in terms of catch amount, the number of vessels, time and area operated, proportion by area, length frequency, and concentration of operations. The CPUE of the 2020 Japanese longline fishery can be regarded as reflecting stock abundance to the same extent as in previous years. To increase the catch quota in 2020, the increase in CPUE contributed the most, the expansion of the time and space of operation and the number of operation contributed to a lesser extent.

## Introduction

CCSBT におけるミナミマグロ *Thunnus maccoyii* の資源評価は漁業情報に大きく依存している。漁業データは、漁業独立調査よりも比較的容易に低コストで広い時空間の情報を集めることができる長所がある。しかしそのデザインが系統だっではないことから、漁業研究者はデータを適切に解釈し、資源指標の変化の理由について資源の変化なのかそれとも漁業の操業パターンの変化に起因するバイアスなのかを区別する必要がある。毎年の注意深い漁業データのモニタリングは CCSBT をはじめとしたまぐろ RFMO での資源評価に不可欠な作業である。

CCSBT におけるそうした操業パターン変化の検証は、ミナミマグロに関連する全ての漁業について毎年実施すべきである。中でも日本延縄船によるミナミマグロの漁獲データは、CCSBT におけるミナミマグロの資源評価において最も重要なものとして使用されてきたこと、ならびに 2011 年に運用を開始した管理方策 MP では、TAC を決定するインプットデータであることから、注意深いモニタリングが必要である。よって我々は毎年、検証文書を提出してきた (e.g. Itoh 2020)。本文書は、2020 年末までのアップデートであり、過去 10 年間との比較で 2020 年の変化を検討する。

The stock assessment of southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* (SBT) in CCSBT highly relies on data from various fisheries. Fishery data have a crucial advantage that a large amount of information from a large scale in time and space can be easily collected without expensive cost compare to fishery independent researches. However, because its design is not systematic, fishery scientists need to interpret the data properly and to distinguish the reason of any changes in stock indices is whether by changes in stock itself or by bias caused by any change of fishing operational pattern. Careful monitoring of fishery every year is an essential task for stock assessment and management of fish in tuna RFMOs, including CCSBT.

Such a careful examination of fishing operational pattern should be carried out annually for all fishery related to SBT. Among them, the catch data of Japanese longliners is the most important because it has been used as the most important data for the stock assessment of SBT for a long period of years and it is a major input datasets of the Management Procedure which implemented CCSBT in 2011. Therefore, we have been evaluating operational pattern of Japanese longline for SBT every year (e.g. Itoh 2020). This paper is the update of it up to the end of 2020.

## Material and method

三つのデータセットを解析した。一つ目のデータセットは 2001 年から 2020 年までの RTMP データである。Logbook が日本の漁獲についての公式統計ではあるが、Logbook データにはミナミマグロを対象としない操業も含まれ、またデータが使用可能となるまでに 2 年程度の遅れがあることから、最近年の RTMP データと同じ条件で比較することができない。なお、RTMP はミナミマグロを対象として出漁する日本延縄船の全てが報告しており、日本が CCSBT 統計海区の 4-9

海区において漁獲するミナミマグロ漁獲尾数全体の過去においては90%以上（2001-2005年の平均値は93%）、近年は100%がRTMPに含まれていることから、日本延縄船のミナミマグロ操業を十分に反映している(Sakai et al. 2014)。2020年以前の10年間（2010年-2019年）を比較対象とした。ある月の緯度5度、経度5度区画をセルと称し、解析の単位とした。

二つ目のデータセットは、コア船CPUEを求めるために作成したコア船を抽出する前のもの（日本タイプ延縄操業別データと称す）で、日本のlogbookデータを含み（最近年はRTMP主体）、NZ ジョイントベンチャーや豪州枠のRTMP船操業も含むshot-by-shotデータから構成される(Itoh and Takahashi 2021)。

三つ目のデータセットは日本延縄船のミナミマグロ漁獲魚についての1965年からの歴史的な体長別漁獲尾数およびCCSBTで用いられている年齢-体長関係から変換した年齢別の漁獲尾数データである。

日本タイプ延縄操業別データを使用してセル数を、全操業並びにSBT（4歳以上魚）が漁獲された操業について集計した。また同じデータセットを使用して、5度区画・月内において操業のあった1度区画の数も集計した。これは一種の操業海域の集中を示す情報である。

操業海域の集中の度合いは別途開発したインデックスでも示した(Attachment 1)。この集中指数はDr. Hillaryが計算方法を提供したもので、操業緯経度の平均位置に対する分散を指標化したものである。集中指数は日本タイプ延縄操業別データセットに適用し、4-9海区、4月-9月のデータにおける釣钩数とミナミマグロ尾数（4歳以上魚）の両方について求めた。

Three datasets were used for analyses in this paper. The first was the RTMP (RealTime Monitoring Program) data between 2001 and 2020. While logbook data are the Japanese official catch-and-effort data, logbook data, which includes longline operations targeting for other tuna species and requires about two years to be available, does not allow comparison with the most recent year to previous years in same condition. RTMP data fully represents Japanese SBT longline operation because it includes all of longline operations targeting for SBT. The data includes more than 90% of total SBT catch of Japan in CCSBT statistical area (Area) 4-9 in the past (mean of 2001-2005 is 93%) (Sakai et al. 2014), and 100% of the catch in recent years. Various statistics of the data in 2020 were compared to previous 10 years, 2010-2019. Five degrees longitude, five degrees latitude in a month is defined as one “cell”.

The second (“Japanese-type longline shot-by-shot dataset”) was made for the CPUE of core vessels which comprised of Japanese logbook data (mostly RTMP data in the most recent year), RTMP data from Australia in the 1990s, and New Zealand charter vessel data (Itoh and Takahashi 2021). Data of all vessels, before extracting the core vessels, were used for analysis.

The third contains historical catch-at-length data since 1965. It was converted to catch-at-age by using age-length relationship used in CCSBT.

The numbers of cells were calculated for the Japanese-type longline shot-by-shot dataset in two cases, all operations and operations with catch of SBT age 4+. In addition, the number of one degree square operated within five degrees square, a kind of indicator for operational concentration, was calculated using this dataset.

Concentration of operation was also calculated as another index (Attachment 1). The concentration index was derived from variance to the mean latitude and longitude of operations over the years, and the method was provided by Dr. Hillary in CSIRO. The index was calculated in two cases, all operations and operations with catch of SBT age 4+ by using the Japanese-type longline shot-by-shot dataset in Areas 4 to 9 in April-September.

## Result

### 1. 漁獲、努力量、サイズ／年齢の概要 Summary of the catch, effort and size/age

図 1 に、CCSBT 統計海区 4-9 海区における、毎年の隻数、使用鈎数、ミナミマグロ漁獲尾数を、過去 10 年間（2010 年から 2019 年まで）の平均値に対する相対値で示す。どの値も 2005 年から 2008 年または 2010 年まで減少し、2010 年から 2013 年までは横ばいで推移した。その後、ミナミマグロ漁獲尾数は増加（2019 年は 2013 年の 2.27 倍）したが、使用鈎数と隻数はほぼ横ばいである。2020 年の漁獲尾数はやや減少した（2013 年の 1.94 倍）。

図 2 に、隻数、使用鈎数、ミナミマグロ漁獲尾数の統計海区別組成を示す。漁獲尾数では、7 海区の割合が 2004 年に大きく減少し、2006 年から 2011 年に掛けて再び増加した。それに伴って 4 海区と 8 海区の割合が減少した。2012 年以降の年別の海区組成は類似している。

図 3 にミナミマグロの体長組成を示す。2020 年の体長組成は 145 cm FL にピークを持っていた。このピークは 2016 年の 130 cm のピークが徐々に大型化したようである。2020 年は過去 10 年間に比較して最も大型になっている。小型魚の部分は放流による影響も受けている点に留意すべき (Itoh et al. 2014)。年別の平均年齢 ( $\pm 1$  SD) を 1965 年から最近年まで図 4 に示す。歴史的に平均年齢で 6 歳から 8 歳までを利用しており、歴史的な変化は小さい。年別の年齢組成を図 5 に示す。いくつかの豊度の高い年級がおおよそ追跡できる。最近では、1998 年級が 2002 年から 2008 年まで追跡できる。2006 年級は 2011 年から 2014 年まで、2010 年級は 2015 年から 2018 年まで追跡できる。2014 年級が 2018 年と 2019 年にわずかな高い組成を形成しているようである。

Figure 1 shows relative values of the numbers of vessels, hooks used, and SBT caught to the mean values of past 10 years (2010-2019) in the Areas 4 to 9. The values decreased from 2005 to 2008 or 2010 followed by stable period up to 2013. Up to 2019, the number of SBT caught largely increased (2.27 times of 2013 in 2019), and the number of hooks used and the number of vessels was stable. The number of SBT caught decreased in 2020 (1.94 times of 2013).

Figure 2 shows the compositions of numbers of vessels, hooks used, and SBT caught by Area. The proportion of number of SBT in Area 7 was dropped in 2004 and increased again from 2006 to 2011. Along with the increase of proportion in Area 7, those in Area 4 and Area 8 were decreased. Since 2012, composition by Area has been similar over years.

Figure 3 shows fork length frequency of SBT by year. In 2020, it has a peak in 145 cmFL. This peak would be the result of growth from the peak at 130 cmFL in 2016. SBT in 2020 was the largest among 10 years. Note that frequencies in small fish are affected from small fish release and discards (Itoh et al. 2014). Figure 4 shows mean age ( $\pm 1$  SD) from 1965 to the most recent year. Mean age of fish caught ranged between six and eight without historical trend. Figure 5 shows age frequency by year. Several strong cohorts can be seen and possible to follow several years. In recent years, the 1998 year class can be followed between 2002 and 2008. In addition, the 2006 year class can be done between 2011 and 2014 and the 2010 year class also can be followed between 2015 and 2018. The 2014 year class can be seen as slightly dominant in 2018 and 2019.

## 2. 操業時空間の変化 Changes of the time and space operated

図 6 に、RTMP 船データセットにおける 4-9 海区内の操業のあったセル (5x5 度・月単位) 数の変化を示す。合計セル数は 2006 年の 165 セルから 2014 年の 94 セルまで減少し、2015 年には一度 125 セルに増加したが 2019 年には 81 セルに低下した。2020 年には 128 セルに増加した。2020 年のセル増加は主に 9 海区によるものであり、それよりも小さい程度で 8 海区も影響している。

表 1 に、セル数を年、月、海区別に示す。表 2 には、その操業回数を示す。過去 5 年間または 10 年間と比較して 2020 年の操業時期、海域はほぼ同様であった。詳細に見ると、全海区・一年間に対する海区・月別の操業割合が過去 5 年間の組成に対して 3%以上増加したのは、8 海区の 8 月と 9 月、9 海区の 3 月と 4 月であった。逆に 3%以上減少したのは 7 海区の 4 月であった。各海区の中心時期は 4 海区 5 月、7 海区 5 月、8 海区 8 月、9 海区 5 月であり、過去と同様であった。

図 7 に RTMP 船データセットにおける 1 セル当たりの操業回数を示す。日本の総漁獲枠が半分以下に減少し、漁期撤廃に伴ってセル数が増加したことの結果として、1 セル当たりの操業回数は 2005 年の 114.3 回/セルから 2010 年に 20.7 回/セルにまで減少した。2010 年からわずかな増加が継続し 2018 年に 57.5 回/セルとなった後は 2 年間減少しており、2020 年には 31.8 回/セルであった。7 海区では 1 セル当たりの操業回数が 2010 年から大きく増加していたが、この 2 年間は減少している。

図 8 は日本タイプ延縄操業別データセットを使って求めた 4-9 月、4-9 海区内の操業セル数である。SBT が漁獲されなかった操業も含めた全操業で見ると、操業セル数は 1980 年代から次第に減少し、2002 年、2003 年に低くなった後に 2006 年にかけて増加したが、その後は減少してい

る (図 8a 上図)。2020 年には増加した。セルの定義を 5 度区画・月から 1 度区画・月に変更しても傾向は変わらない (図 8a 中図)。5 度区画・月の 1 セル当たりの操業回数 (図 8a の白丸) は 1986 年から 2005 年まではほぼ一定であったが、その後は減少し、2007 年以降は横ばいかやや増加し、最近年ではわずかに減少した。データをミナミマグロ 4 歳以上魚が漁獲された操業に限定しても、全操業で見られたものと傾向に違いはなかった (図 8b)。図 9 に 3 年間の年別の努力量分布を示す。9 海区において、2020 年には 2019 年には見られなかった場所での操業があった (e.g. 0E, 45S)。ただし、努力量が多い 5 度区画は 3 年間で共通しており、周辺的な区画における努力量の有無が年によって異なっていた。

Figure 6 shows the change of the number of cells (five degree square and month) in Area 4-9 in the RTMP data. The total number of cells decreased from 165 in 2006 to 94 in 2014. It turned increasing in 2015 as 125 cells, however, decreased again to 81 in 2019. It increased to 128 cells in 2020 mainly by Area 9, in addition to lesser degree in Area 8.

Table 1 shows the number of cells by year, month and Area. Table 2 shows the number of operations. Fishing season and area in 2020 were similar to those in previous five or 10 years in general. Seeing in detail, it increased (>3% of previous five years composition) in August and September of Area 8, and March and April of Area 9 in terms of the proportions in the number of operations by Area and month to the total number of operations in Area 4-9 and Month 4-9 in 2020. On the contrary, it decreased in April of Area 7. The main fishing periods were same as previous years like May in Area 4, Area 7 and Area 9, and August in Area 8.

Figure 7 shows the number of operations per cell in the RTMP dataset. Because the allocation of TAC to Japan was reduced to less than half and the number of cell operated was increased with the lift of seasonal area closure, the number of operations per cell has decreased to 20.7 times per cell in 2010 from 114.3 times per cell in 2005. Since then, slight increase has continued, and it reached 57.5 times per cell in 2018, followed by two years decrease to 31.8 times per cell in 2020. In Area 7, the number of operations per cell increased largely since 2010, however, it is decreasing these two years.

Figure 8 shows the number of cells operated in Area 4-9 and month 4-9 in the Japanese-type longline shot-by-shot dataset. In all operations including SBT zero catch, the number of cells decreased since the 1980s to 2002 and 2003 followed by slight increase until 2006, and then decreasing further (Fig. 8a upper panel). It increased in 2020. No difference was found in the case that the cell was defined as one degree square and month (Fig. 8a middle panel). The number of operations per cell in five degree (line with open circle in Fig. 8a) had been stable between 1986 and 2005, then decreased and has been stable since 2007, but has been slightly increasing since 2010 to 2018, followed by two years decrease. No difference was found when the data was limited in operations with catch of SBT 4+ only, instead of all operations (Fig. 8b). Figure 9 shows the distribution

of hooks used by year for recent three years. There were several five-degree squares where efforts were given in 2020 but 2019 (e.g. 0E, 45S in Area 9). Main square with large efforts given were same in three years, while presence/absence was different in squares of small efforts in marginal areas.

### 3. 操業の集中度 Concentration of area operated

日本タイプ延縄操業別データによる、ある5度区画内で操業のあった1度区画の数(全数は25)は、1986-2006年の平均値は6.9個、2007年以降はやや低下して横ばいである(図8a 下図)。データをミナミマグロ4歳以上魚が漁獲された操業も同様である(図8b 下図)。

集中度指数は統計海域別に求めた(図10)。値が高いことは操業海域の拡散を、また低いことは操業海域の集中を意味する。Area 6は2016年からデータが無くなった。経年的には8海区、9海区は安定的に推移し、5海区、7海区は変動が大きかった。8海区では2013年と2014年に、漁獲尾数では集中しているが努力量の分布は拡散していた。7海区の操業位置を詳細に検討したところ、2003年まではタスマニア島の東西両方で操業があったが、2004年以降は東側でしか操業しておらず、全年からもとめた7海区の漁場の中心(東西の中央になる)から離れたデータが多いことによって指数が増加(拡散)した。

The number of one degree square operated in a five degrees square (total is 25) was 6.9 in the average of 1986-2005. It dropped and was stable since 2007 (Fig. 8a bottom panel). When the data was limited in operations with SBT 4+ only, it is similar to that of all operations (Fig. 8b bottom panel).

Figure 9 shows the concentration index by Area. Smaller and larger values indicate more and less concentrated operation, respectively. No data were available for Area 6 since 2016. The time series have been stable in Area 8 and Area 9, and fluctuated largely in Area 5 and Area 7. In Area 8 in 2013 and 2014, it was less concentrated in terms of hooks while it was still concentrated in catch. Detailed examination of operated area found that, in Area 7, there were operations both the east and west of Tasmania Island before 2003, but only in the east since 2004 (there were only data far apart from the center of Area 7 which obtained from all the years) and resulted in increase of the index (less concentrate).

### 4. 船の一貫性 Vessel consistency

表3に、2010年のRTMP参加船(かつミナミマグロを漁獲した船)が過去とどれほど共通しているかを示す。2020年の79隻中、2001-2005年に4年間または5年間、RTMPにおいてミナミマグロ操業を実施したことがあるのは35隻(44%)と依然として大きな割合を占めており、船は一貫したものが多いことが分かる。

Table 3 shows the consistency of the vessels that participated the RTMP in 2020 (and

caught any SBT) with those in 2001-2005. Among 79 vessels in 2020, 35 vessels participated RTMP during 2001-2005 for four or five years, and they still consist of a large part of SBT vessels (44%).

## Discussion

漁獲量、隻数、操業のあった時空間、海区別割合、体長組成、年齢組成、操業の集中度を検討した結果、操業パターンの大きな変化は2020年には生じていなかった。2020年の日本延縄漁業のCPUEは従来と同程度に資源を反映したものとみなすことができるだろう。

日本の漁獲量は2013年の2694トンから2020年の5,929トン（2013年の2.20倍）へと増加した。これに対してRTMPデータにおける2020年の4-9海区の操業回数は2013年に対して1.23倍、操業セル数は1.28倍（128/100）にしか増えなかった。漁獲量の増加に対してはCPUEの増加（1.57倍）が最も貢献しており、操業回数や操業時空間の拡大への貢献はそれより小さかった。操業時空間の拡大も周辺的なものであり、主な操業時空間は変わっていない。ただし、2019年には2013年に対して漁獲量が2.17倍であったのに対してCPUEの増加が1.97倍であったことを考慮すると、操業回数や操業空間の拡大の影響は増加しているようである。操業セル数が増加したことは、ミナマガロがこの10年間で最大サイズであることと合わせて、今後も注視していくべき点であろう。

No remarkable change was found in the 2020 operational pattern in terms of catch amount, the number of vessels, time and area operated, proportion by area, length frequency, and concentration of operations. It can be said that the Japanese longline CPUE in 2020 represents the change of SBT stock abundance consistently as in previous years.

The total catches of Japan were increased from 2,694 tons in 2013 to 5,929 tons in 2020 (2.20 times of 2013). However, the factor in the number of operations in 2020 was small as 1.23 times of 2013 in RTMP data. The factor in the number of cells operated was also small as 1.28 times (128/100) of 2013. The increase of total catch contributed largely on higher CPUE (1.57 times of 2013) and contributed lesser degree for the expansion of time and area of operation or increase in the number of operation. The main time and area of SBT fishing was same as previous years, while those in marginal areas had some variation. However, when considering that the factors were 1.97 in CPUE to 2.17 in total catch in 2019, influence of the number of operation and time and area operation on CPUE may be increasing. Increase of the number of cells, as well as the largest SBT mean size among 10 years, should be paid attention in the future.

## References

Itoh T. 2020 Change in operation pattern of Japanese southern bluefin tuna longliners in the 2019 fishing season. CCSBT-OMMP/2006/10.



Itoh, T., K. Suzuki and O. Sakai. 2014 Mortality estimation for southern bluefin tuna released and discarded from Japanese longline fishery. CCSBT-OMMP5/1406/08.

Itoh, T. and N. Takahashi 2021. Update of the core vessel data and CPUE for southern bluefin tuna in 2020. CCSBT-ESC/2108/27.

Sakai, O., T Itoh and T. Sakamoto. 2009. Review of Japanese SBT Fisheries in 2008. CCSBT-ESC/0909/Fisheries-Japan.

Table 1. Number of 5x5 degree square where longline operations conducted by year, month and area in RTMP data.

Area	Month	Year																		
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
4	2							1			1									
	3					3		2	1	1	3	2	1							
	4	2	2		2	4	2	2	2	3	1	2		2	1	1	1			
	5	2	2	2	3	2	5	3	4	4	2	3	2	2	3	2	2	2	2	
	6	5	5	3	5	5	5	6	6	3	4	3	2	4	3	3	3	3	2	
	7	6	6	4	6	5	2		2		2	1	3	1					1	
	8	3	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2	1							
	9					1	1	1	1	2	1	1								
	10					1	2			1			1							
	11																			
	12												1							
	5	7	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2			1	1				
8				3	3	2	2		2		2		2	2	2					
9					2	2			1				2							
10						1			1											
12											2									
6	4				2															
	5				2													1		
	6			1	1													1		
7	1					2														
	2							2												
	3							1	2	2	2	2	2	2	2			2		
	4	2	2		2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2		
	5	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	6	2	2	2	2							2		2	2	2	2	1		
	7			1														1		
	9			2																
	10	1			1															
	11	1			1															
	8	1				1	2	2	6		1									
3						2					1	1	4	3						
4						2		3	1	1	4	4	6	6	2	3	4	1		
5		3	5	1		3		7	4	5	3	3	4	3	6	3	4			
6		4	5					2	2	3	2	3	2	2						
7				5	8	6	4	2	1	5	3	2	3	2	1		1	4		
8				8	8	6	6	4	5	7	5	3	4	3	2	2	1	5		
9		13	5	7	6	5	4	2	3	2	3	2	1	3	1	2	1	4		
10		9	7	8	8	8	8	2	6	2			2					4		
11		9	8	8	7	7	6	3	4	1	1	2	4					2		
12		8	4	7	6	4	6	1	1			2	4					1		
9		2							1					2					6	
	3					3		7	5	5	2	3	3				5	12		
	4				5	7	8	15	8	13	6	6	8	8	12	17	13	18		
	5	19	25	21	16	14	8	20	15	13	5	10	16	13	12	16	13	20		
	6	23	20	18	18	15	10	14	13	12	12	11	15	8	13	13	9	17		
	7	19	19	21	16	16	12	12	11	9	8	10	11	8	6	8	8	10		
	8	12	13	15	8	11	9	9	9	6	5	6	4	7	3		5	9		
	9			11	5	5	3	5	6	4	6	3	7	7				1		
	10			7	4	6	1	3	2	3	4	1	6	4	3	3				
	11			4	2	2		2		1	2									
	12					1	1	1												

Dotted line shows 2006 when the individual quarter system started.

Table 2. Number of operations by year, month and area in RTMP data

Area	Month	Year			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	%10Y	%5Y	2020%	
		2004	2005																				
4	2								4			8								0.0%	0.0%	0.0%	
	3						30		33	3	2	31	5	1						0.2%	0.0%	0.0%	
	4	23	13			39	45	47	60	30	34	2	38		10	2	2	3		0.5%	0.1%	0.0%	
	5	447	731		530	55	140	203	139	131	149	38	64	108	44	89	73	54	49	2.6%	1.7%	1.2%	
	6	1179	1122		457	324	147	46	52	74	8	55	52	37	81	79	190	135	43	2.2%	2.5%	1.1%	
	7	1110	732		115	75	49	35		72		39	14	46	10				16	0.5%	0.3%	0.4%	
	8	10	1		3	2	1	3	15	5		34	16	2						0.2%	0.0%	0.0%	
	9						12	4	4	35	4	3								0.1%	0.0%	0.0%	
	10					2	6			2			1							0.0%	0.0%	0.0%	
	11													1						0.0%	0.0%	0.0%	
	12																			0.0%	0.0%	0.0%	
	5	7	2	6		11	22	17	8	25	4	1	10			3	8				0.1%	0.1%	0.0%
8					27	34	23	11			65	10		30	14	20				0.4%	0.3%	0.0%	
9						17	7			20			6							0.1%	0.0%	0.0%	
10							2			3										0.0%	0.0%	0.0%	
12											10									0.0%	0.0%	0.0%	
6	4					13														0.0%	0.0%	0.0%	
	5					31												23		0.0%	0.0%	0.6%	
	6				1	22												4		0.0%	0.0%	0.1%	
7	1						2													0.0%	0.0%	0.0%	
	2																			0.0%	0.0%	0.0%	
	3								33	25	102	14	54	30	88	135		55		1.6%	1.5%	0.0%	
	4	530	603			27	181	189	290	449	547	522	500	613	574	612	593	449	204	14.9%	13.4%	5.0%	
	5	646	397		180	352	183	64	61	118	48	399	276	243	457	598	628	611	473	10.0%	12.0%	11.6%	
	6	2	3		66	92							14		35	103	104	56	105	0.9%	1.4%	2.6%	
	7				46														7	0.0%	0.0%	0.2%	
	9				6															0.0%	0.0%	0.0%	
	10	6					1													0.0%	0.0%	0.0%	
	11	13					2													0.0%	0.0%	0.0%	
	8	1					1	2	4	60		2								4	0.2%	0.0%	0.1%
		3						30				7	6	25	23						0.2%	0.2%	0.0%
4							5		34	3	16	129	206	138	171	9	55	18	16	2.3%	1.8%	0.4%	
5		411	651		12		26		55	26		180	246	214	157	36	36	20		2.8%	2.2%	0.0%	
6		104	13						88	16	33	17	154	85	33					1.2%	0.6%	0.0%	
7					76	103	177	33	4	15	55	47	17	116	30	11		58	25	1.0%	1.0%	0.6%	
8					407	773	921	988	259	197	425	461	600	716	738	570	579	453	720	14.5%	14.4%	17.7%	
9		489	551		270	630	482	251	13	214	156	76	58	144	265	144	168	55	292	3.7%	3.7%	7.2%	
10		589	687		343	379	131	163	8	68	7			7					45	0.3%	0.0%	1.1%	
11		904	821		518	750	362	357	95	125	16	13	32	28				26	12	1.0%	0.3%	0.3%	
12		618	488		259	115	177	280	2	39			17	25				23		0.3%	0.2%	0.0%	
9		2								1				9						31	0.0%	0.0%	0.8%
	3						23		68	44	66	19	12	10		7		69	167	0.9%	0.4%	4.1%	
	4					66	111	46	298	155	196	107	113	141	138	389	536	598	530	7.7%	8.5%	13.0%	
	5	2383	1897		905	160	220	184	473	459	359	241	236	358	573	684	888	610	594	14.1%	14.7%	14.6%	
	6	2826	2537		1163	575	792	394	443	468	534	504	476	655	640	403	537	330	454	14.5%	12.1%	11.2%	
	7	2832	2802		1513	683	1032	436	222	270	351	179	349	199	444	145	126	121	178	7.0%	4.9%	4.4%	
	8	522	1261		1738	755	623	266	115	86	116	31	25	64	37	14		27	76	1.5%	0.7%	1.9%	
	9				1033	623	224	34	22	121	38	33	55	80	39				1	1.1%	0.6%	0.0%	
	10				262	183	105	50	22	26	16	55	1	31	27	13	28			0.6%	0.5%	0.0%	
	11				24	5	30		35		7	11								0.2%	0.0%	0.0%	
	12						5	1	1											0.0%	0.0%	0.0%	
	Total	15646	15316		9965	6911	6323	4097	3041	3368	3298		3637	4161	4631	4071	4543	3771	4069	100.0%	100.0%	100.0%	

“%10Y” and “%5Y” are the proportion of the Area and month to the sum of 10 years (2010-2019) and 5 years (2015-2019), respectively. “2020%” is the proportion of the Area and month to the sum of 2020 data. Shadow and line enclosing denote 2020% is higher (>3%) and lower (<3%) than %5Y, respectively.

Table 3. Number of vessels that caught SBT in RTMP between 2006 and 2020 by the number of years participated in RTMP in past years (2001-2005) in RTMP data.

	Number of years participate in the RTMP during 2001-2005					
	0 year	1 year	2 year	3 year	4 year	5 year
2006	5	7	15	9	20	67
2007	5	10	16	10	22	74
2008	11	8	16	8	22	61
2009	13	4	13	6	15	49
2010	9	4	12	5	14	42
2011	8	6	12	6	12	39
2012	11	6	13	6	14	43
2013	13	4	11	4	14	42
2014	18	3	10	6	13	40
2015	20	3	10	6	11	39
2016	22	3	8	6	11	38
2017	22	3	9	6	11	35
2018	25	3	9	7	10	33
2019	27	3	8	7	9	33
2020	27	3	7	7	7	28

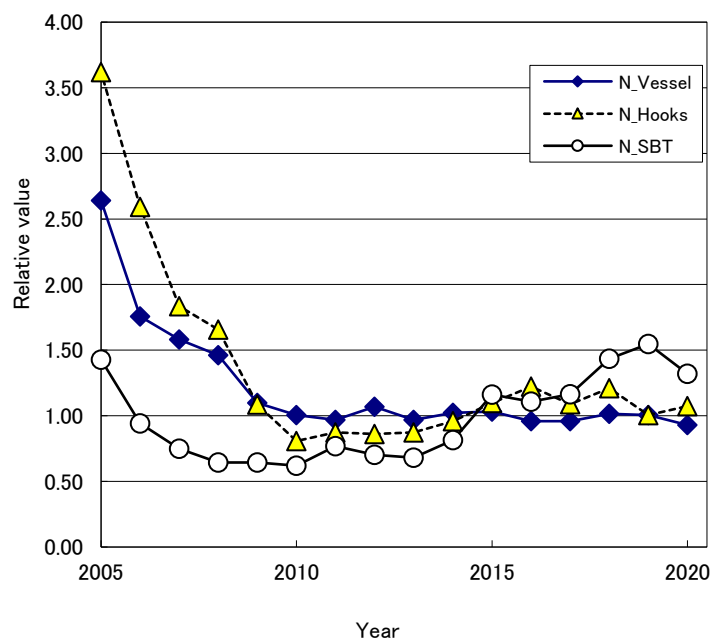


Fig. 1. Number of operation, number of vessels and number of SBT caught in Area 4-9 in 2020 and previous years in RTMP data.

Y axis is the relative value to the average of previous 10 years.

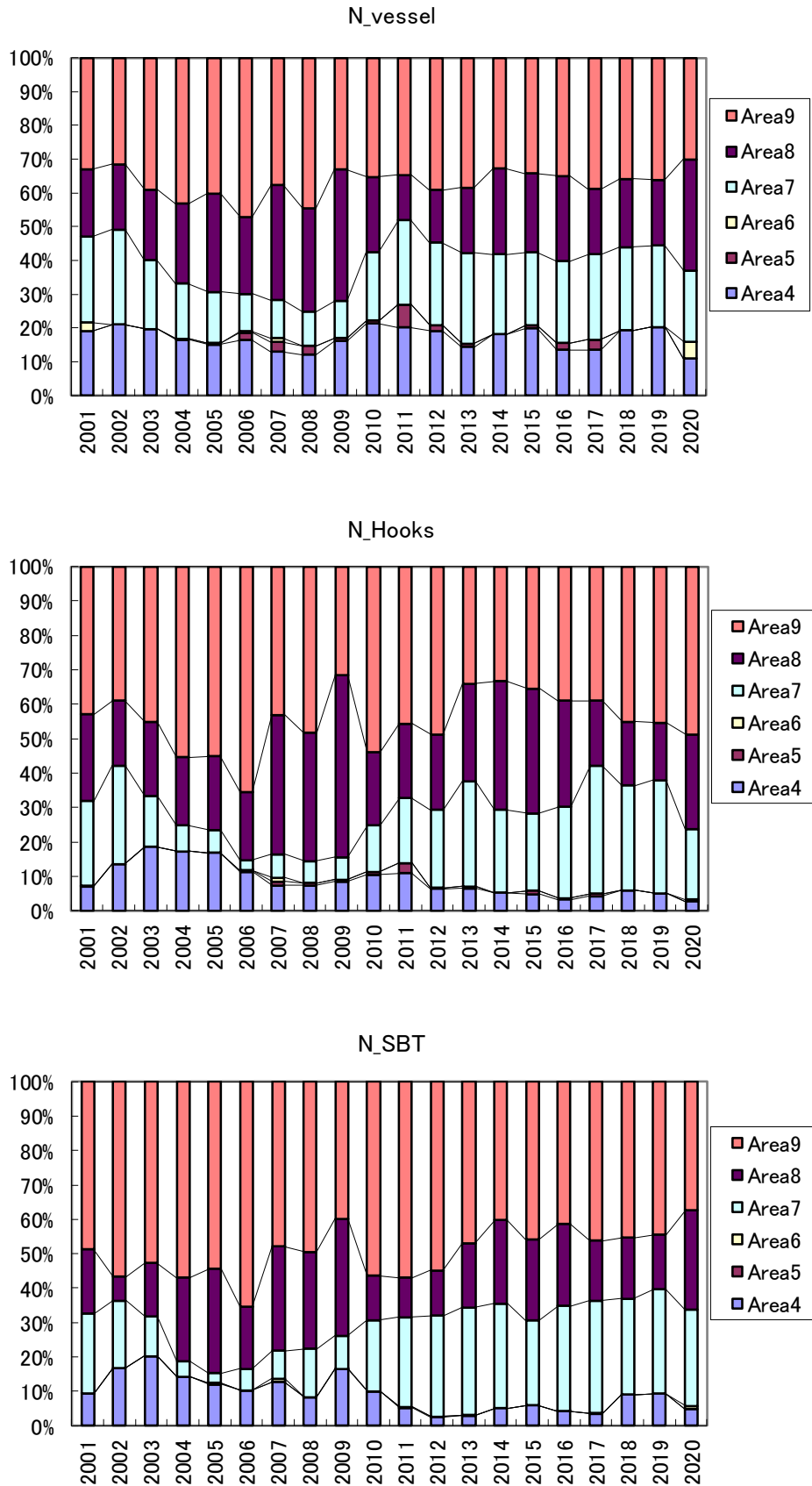


Fig. 2. Proportions of Area in the number of vessels, the number of hooks used and the number of SBT caught in 2020 and previous years in RTMP data.

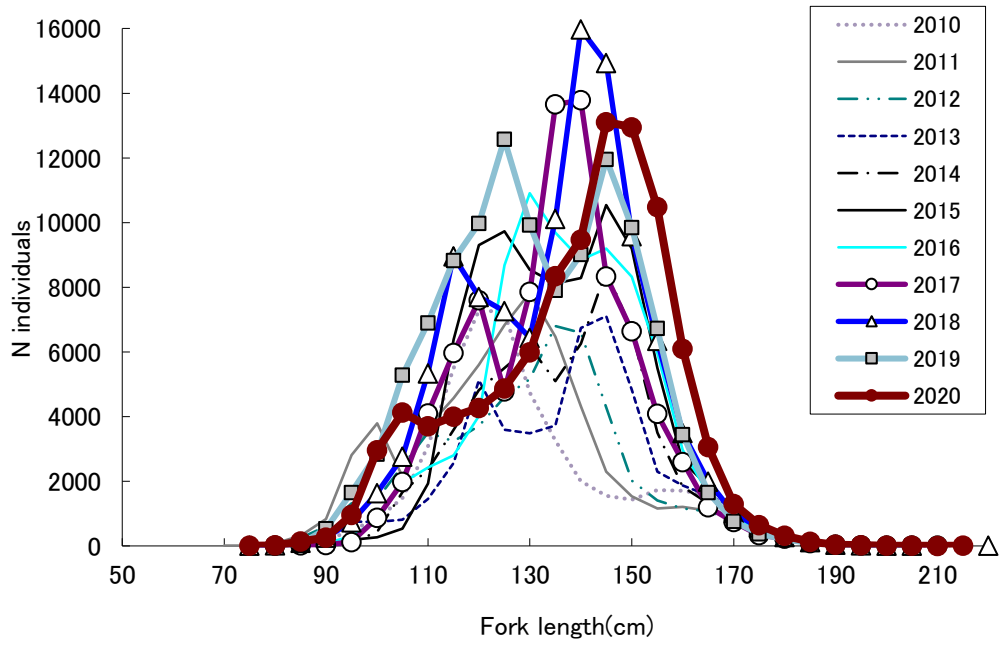


Fig. 3. Length frequency distributions of SBT by year in 2020 and previous 10 years in RTMP data.

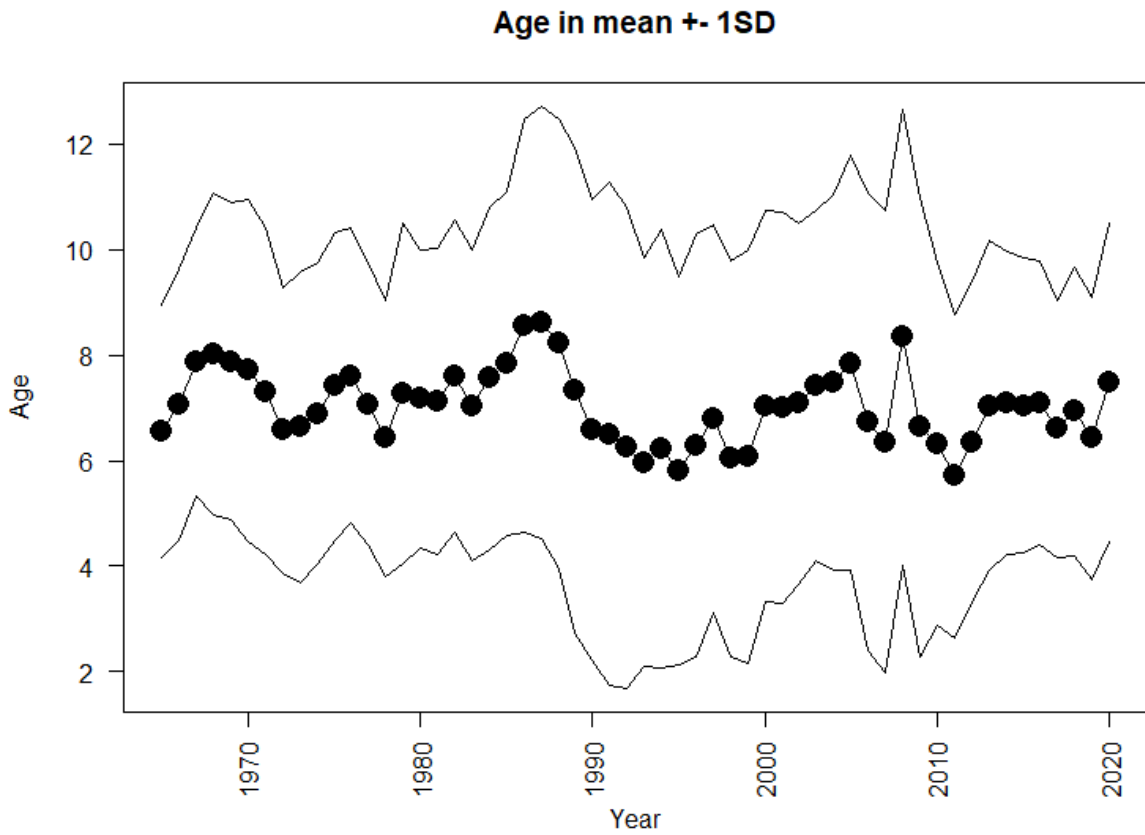


Fig. 4. Mean age SBT by year in the Japanese longline catch. Range is in  $\pm$  one SD.

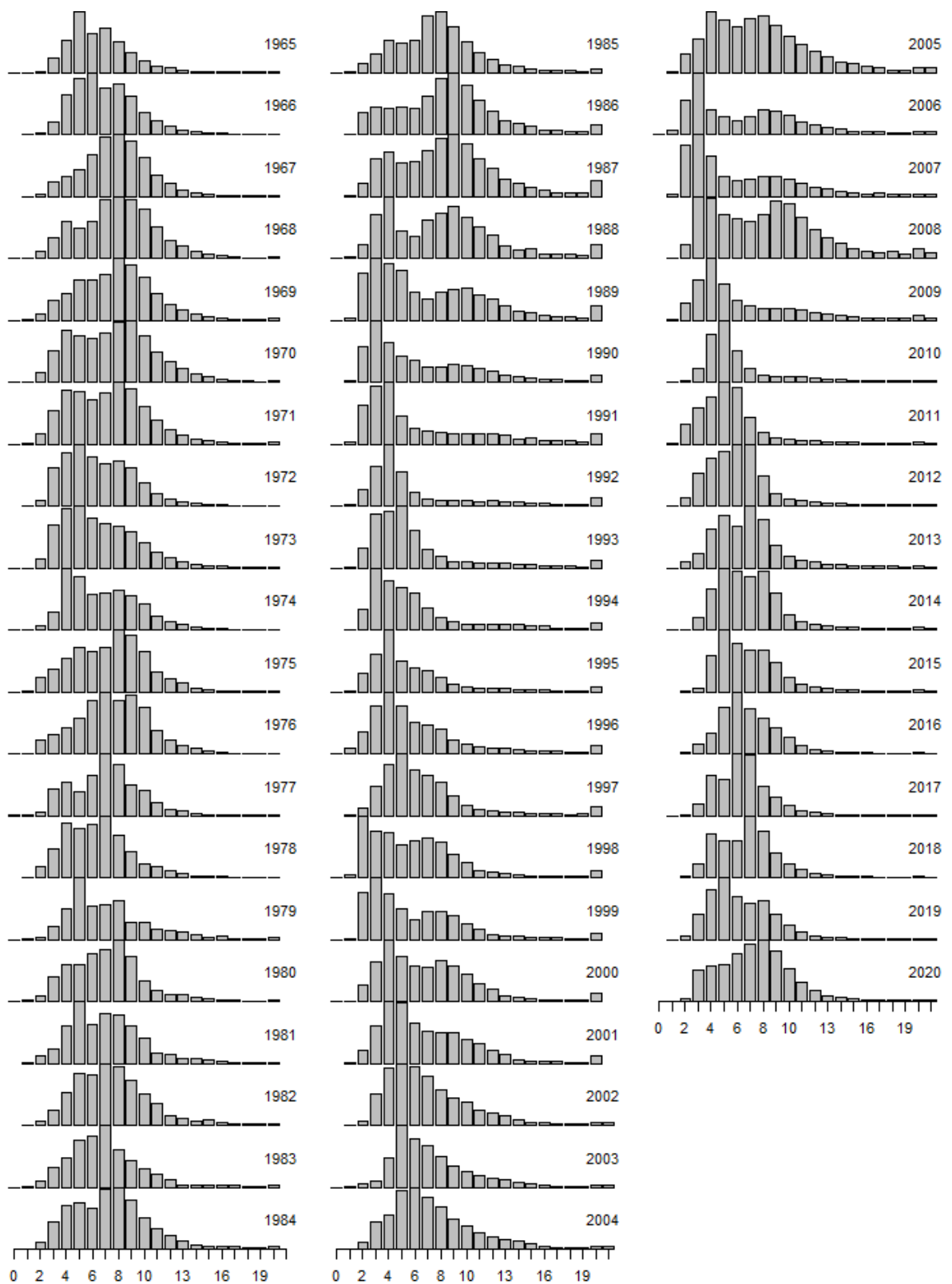


Fig. 5. Age frequency distributions of SBT by year in the Japanese longline catch.

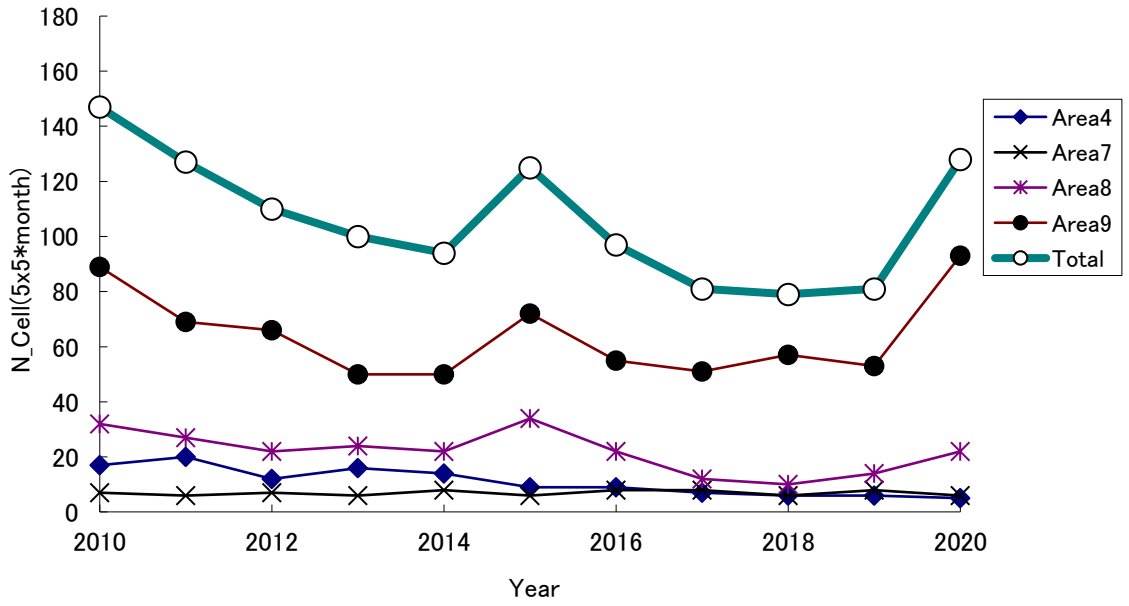


Fig. 6. Changes of the number of cells (5 degrees latitude and longitude and month) operated over 11 years in Area 4-9 in RTMP data.

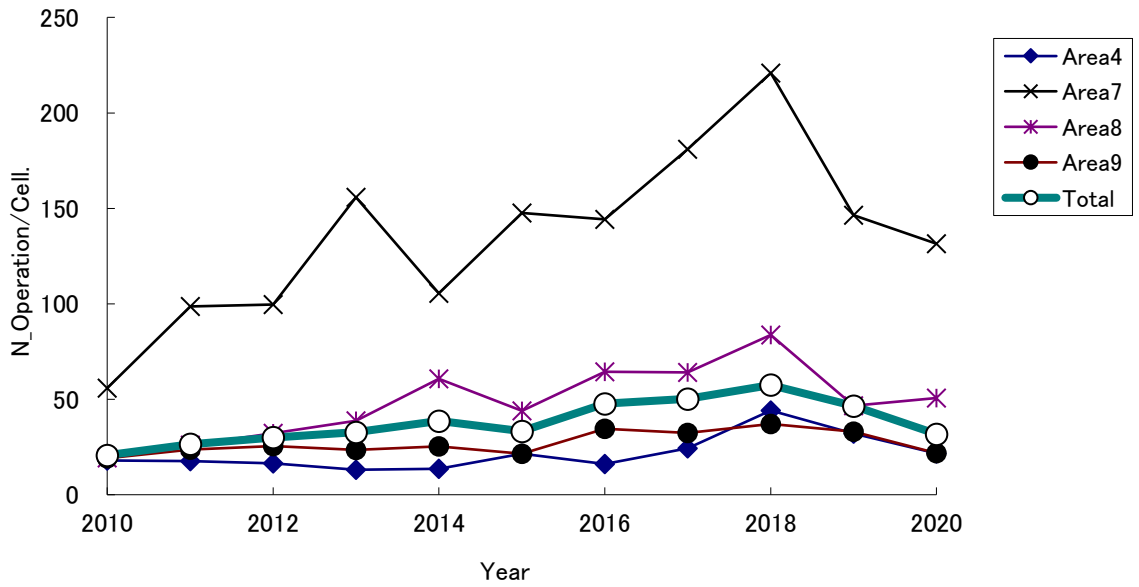


Fig. 7. Changes of the number of longline operations per cell (5 degrees latitude and longitude and month) in 10 years in Area 4-9 in RTMP data.



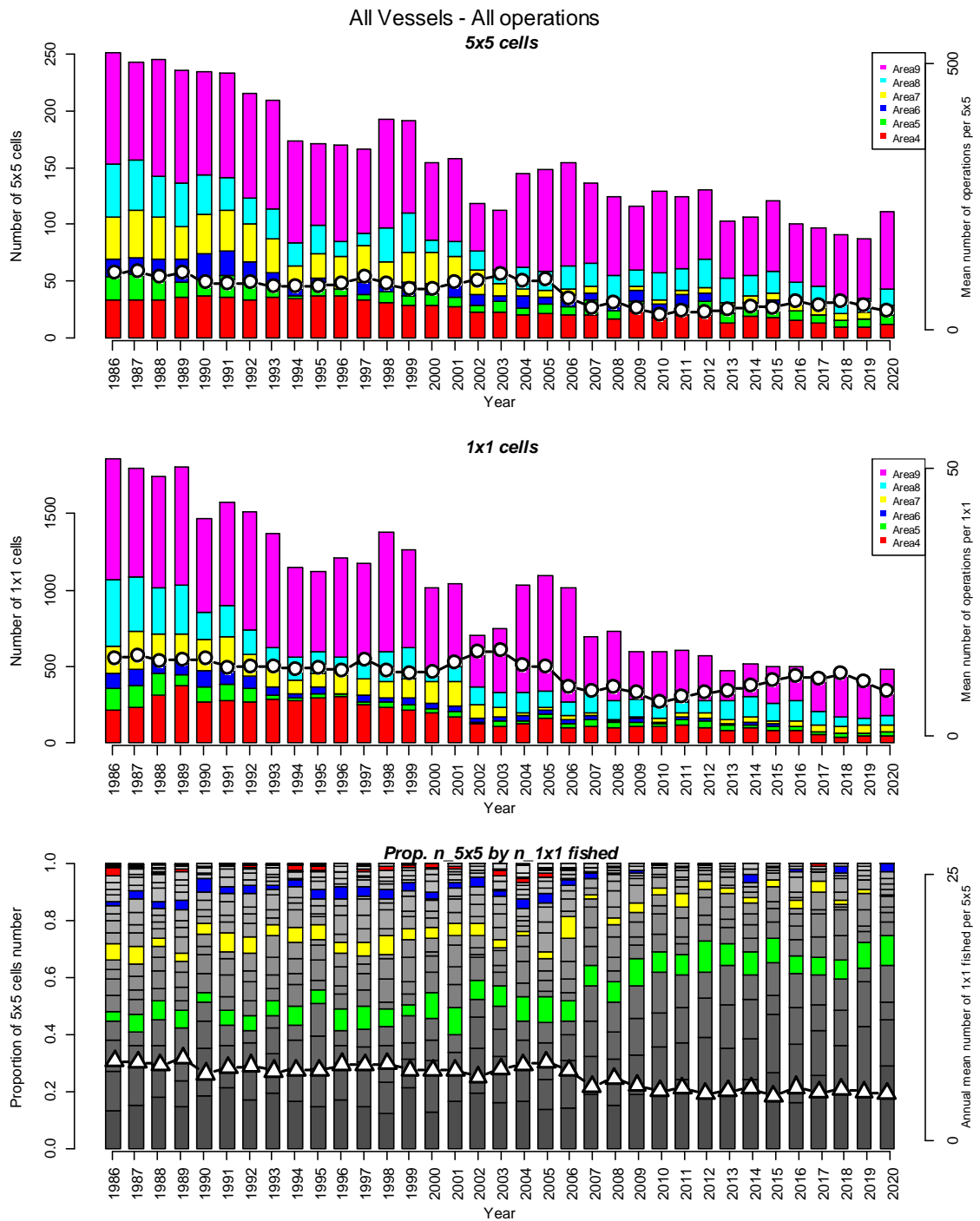


Fig. 8a. Number of cells in the Japanese-type longline dataset for all operations.

(Top panel) Bar represents the number of 5x5 degrees square and month (cell) where fishing operated by CCSBT statistical area and refer to left side y-axis. Line with circle plot represents the mean annual number of operations per cell and refer to right side y-axis. (Middle panel) Bar represents the number of 1x1 degree square and month (cell) where fishing operated by CCSBT statistical area and refer to left side y-axis. Line with circle plot represents the mean annual number of operations per cell and refer to right side y-axis. (Bottom panel) Composition of frequency for the number of 1x1 degree square and month cells operated in a 5x5 degree squares and month cell. Refer to left side y-axis. The grey band is one of 25 cells and that at top is 25 of 25 cells, and every five is colored. Line with triangle represents the mean number of 1x1 month cells operated in a 5x5 month cell and refer to right side y-axis.

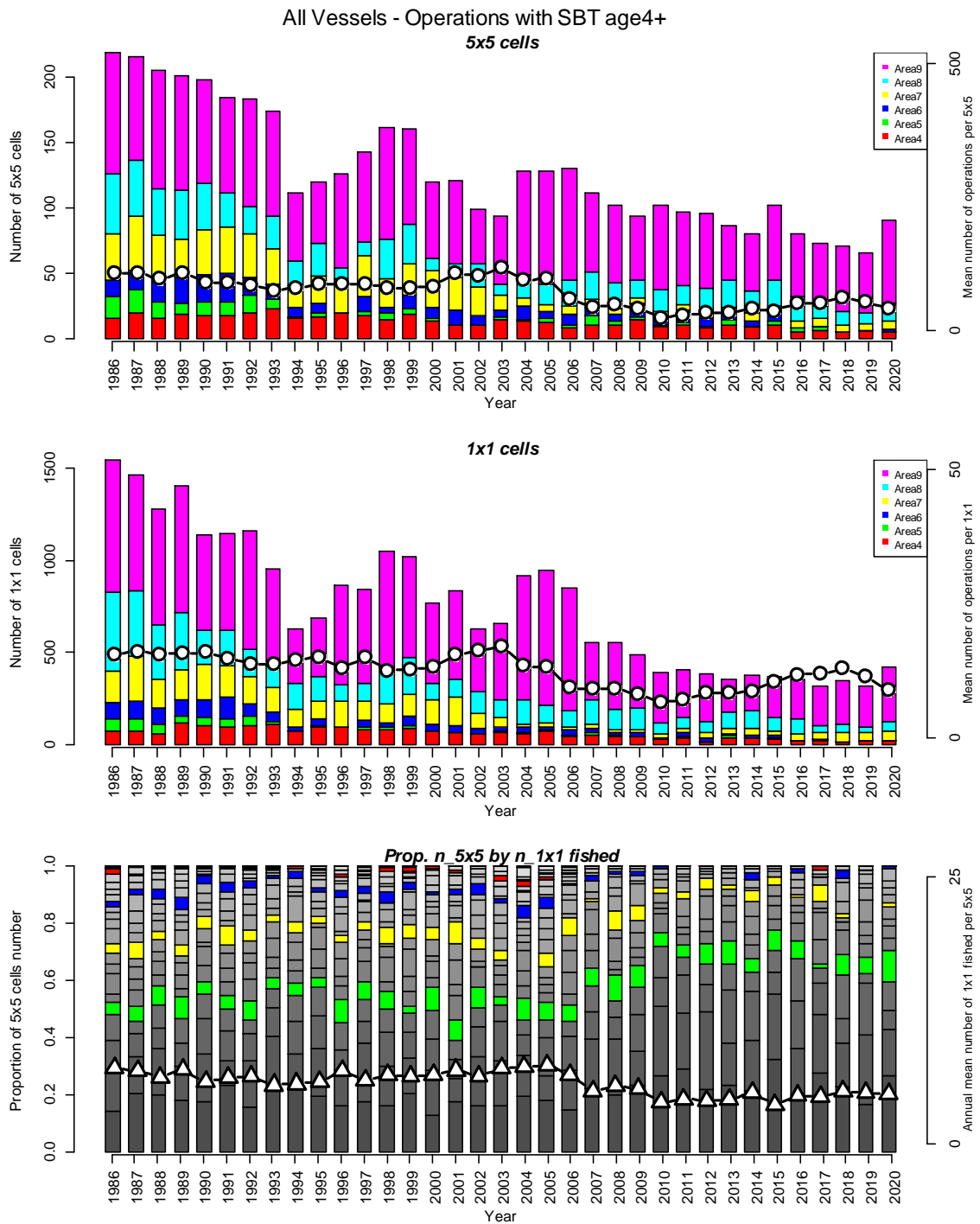


Fig. 8b. Number of cells in the Japanese-type longline dataset for operations of SBT 4+ catch positive. See explanation in Fig. 8a.

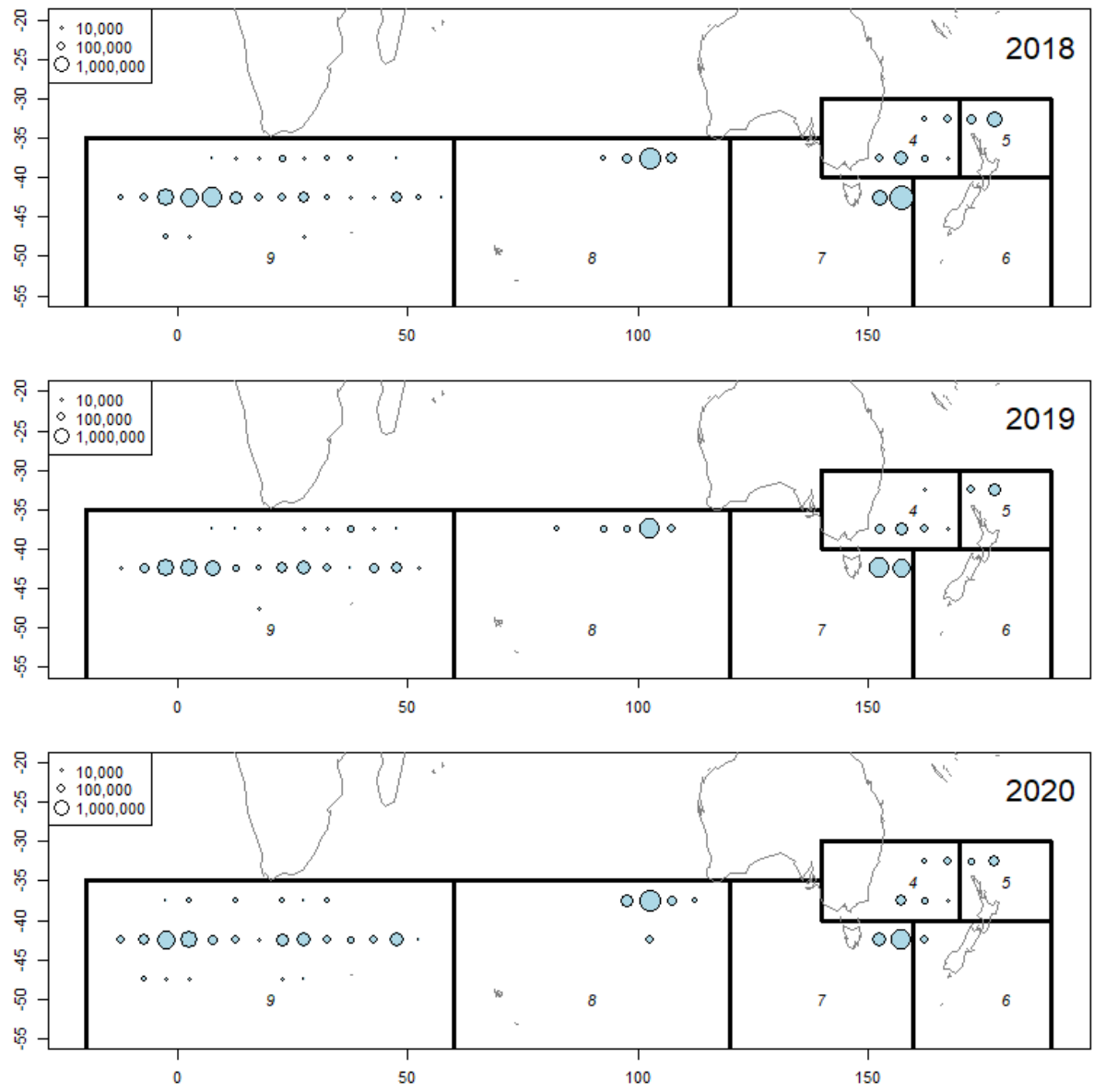


Fig. 9. Effort distribution of Japanese-type longline dataset by year.  
Effort is number of hooks used.

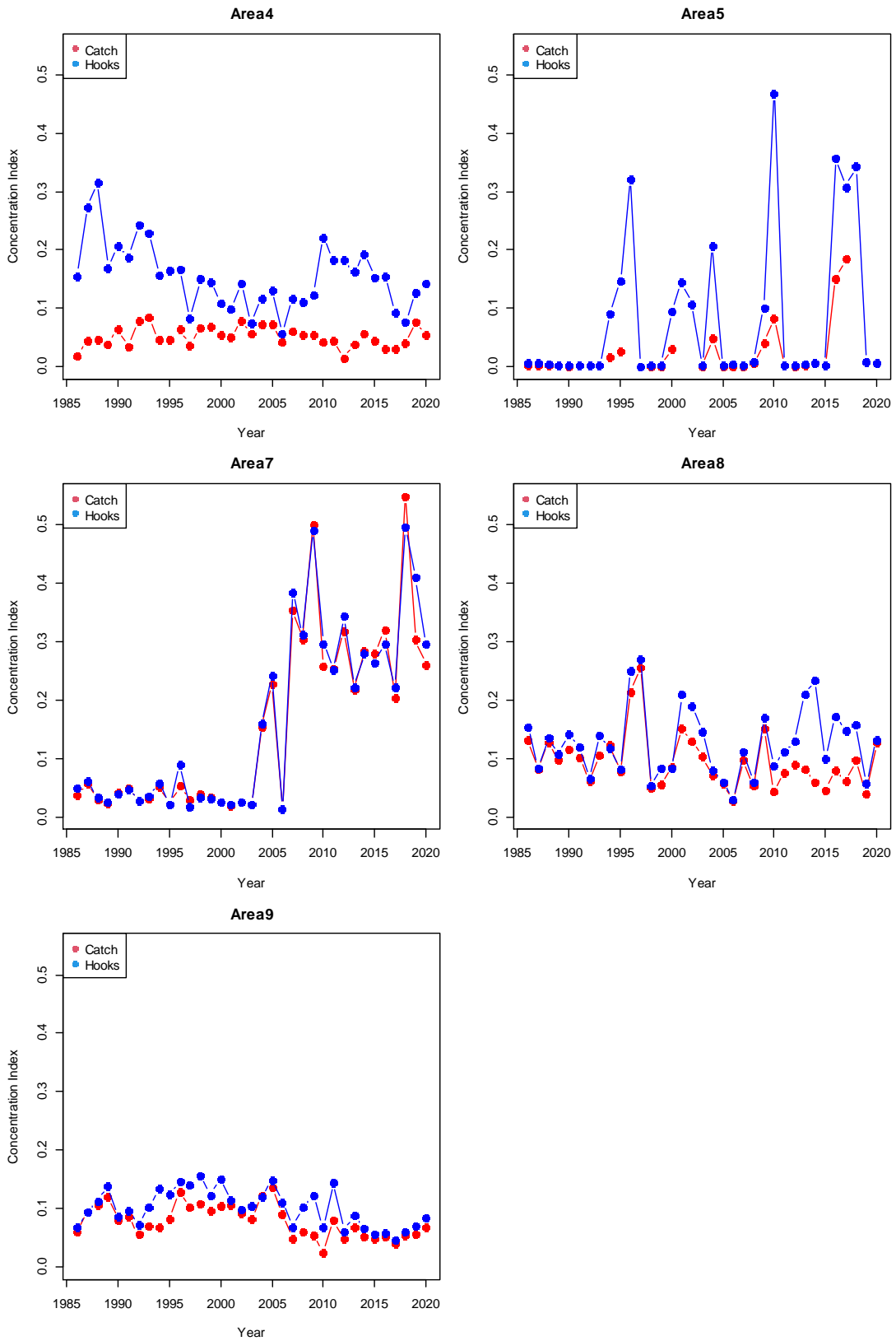


Fig. 10. Concentration index in the Japanese-type longline dataset for catch (age 4+) or hooks to years by CCSBT statistical area  
Smaller/larger values relate to more/less aggregated.

## SBT exploratory data analysis Idea

In conjunction with usual analyses done for the indicators paper there are some potentially revealing but simple things we can do to be primed for the upcoming assessment of SBT.

### CPUE data

This obviously really refers to the  $LL_1$  CPUE data that will form the basis of the main abundance index in the OM. While that will work with the standardised CPUE there are several things we can look it in the raw data. In terms of a reasonably detailed spatial analysis, by area and  $5 \times 5$  square there are some basic spatial statistics we can look at, henceforth,  $I_{ijk}$  denotes the raw CPUE (over a given length/age range) for year  $i$ , in region  $j$ , in square  $k$ . To look at a rough trend in how the average fishing location as changed in each area over time we can simply compute the centre of mass,  $R_{ij}$  of the CPUE in a given year  $i$  and region  $j$ :

$$R_{ij} = \frac{\sum_{k \in j} \rho_k I_{ijk}}{\sum_{k \in j} I_{ijk}}, \quad (1)$$

where  $\rho_k$  denotes the physical location of square  $k$  in area  $j$  (i.e. lat and long) and then the square center of mass of that region in a given year is the square containing  $R_{ij}$ . A secondary measure is to see how the density of either effort, catch or CPUE changes over time and in each area. This can be calculated by first estimating the discrete mass density of the given quantity of interest,  $X_{ijk}$ , in a given region at a given time:

$$\mu_{ijk} = \frac{X_{ijk}}{\sum_{k \in j} X_{ijk}}, \quad (2)$$

and from this we can estimate the (relative) aggregation,  $\alpha_{ij}$ , of the quantity  $X_{ij}$  fairly easily:

$$\alpha_{ij} = \frac{E^k(\mu_{ijk})^2}{E^k(\mu_{ijk}^2)} \quad (3)$$

where  $\alpha_{ij} \in [N_j^{-2}, 1]$  (where  $N_j$  is the number of squares in region  $j$ ) and smaller/larger values of  $\alpha$  relate to more/less aggregated spatial quantities. Even spread it is equal to 1 and all in one square it is equal to  $N_j^{-2}$ .