

## Proposal of new monitoring method for the uncertainty of Australian southern bluefin tuna catch used for farming

畜養に使用されるオーストラリアのミナミマグロ漁獲物の  
不確実性のための新たなモニタリング手法の提案

伊藤智幸<sup>1</sup>・森田侑樹<sup>2</sup>

Itoh, Tomoyuki<sup>1</sup> and Yuki Morita<sup>2</sup>

- 1: 水産研究教育機構国際水産資源研究所 National Research  
Institute of Far Seas Fisheries, Japan Fisheries Research and  
Education Agency
- 2: 水産庁 Fisheries Agency of Japan

### 要約

本文書では豪州畜養魚の年齢組成及び漁獲量に関わる不確実性についての議論を促進する目的から、議論の前提として明確化すべき6つのポイントを示した。新たな畜養モニタリングの方法論を提案した。それは、100尾サンプリングの実施、畜養魚の成長率を調べるための標識装着プログラムの実施、CDS 個別別サイズデータの収集と解析、ステレオビデオカメラシステムの導入から構成される。

### Abstract

In this document, in order to promote discussion on uncertainty related to age composition and catch of Australian farming southern bluefin tuna, six points that should be clarified as the premise of the discussion are presented. A new farming monitoring methodology was proposed. It consists the 100 fish sampling, a tagging program to investigate the growth rate during farming, collection and analysis of individual fish size data in the Catch Documentation Scheme, and the implementation of a stereo-video camera system.

## 緒言

豪州蓄養ミナマガロの年齢組成及び成長率、漁獲重量の不確実性については 2005 年から現在に至るまで長い議論が行われている。現在の畜養生け込み魚のモニタリング手法である 100 尾サンプリングにはバイアスの存在が疑われている。これまでミナマガロ畜養魚のサイズと成長について CCSBT では 6 つのアプローチで検討されてきている (Table 1) が、バイアスの程度には拡大科学委員会 (ESC) において合意は得られていない。ステレオビデオカメラシステムの有効性は期待されており、豪州は 2013 年 12 月からステレオビデオカメラシステムによる体長測定を開始すると表明した (Anon 2012) が、現在に至るまで実施はされていない。

2018 年の CCSBT 年次会合において 2019 年 ESC では専門家を招き、議論をし、畜養魚のモニタリングについて新たな方法論の開発を目指すことになった (Anon 2018 ESC 文書または年次会合文書)。本文書では議論を促進する目的から、我々の多くの文書の中から特に重要なもののリストを提示する。次いで、議論の前に明確化すべき 6 つのポイントを示す。そして新たな畜養モニタリングの方法論のたたき台を提案する。

## 参照すべき文書

我々は 10 本以上の多くの解析文書を提出してきた (Itoh et al. 2009a, 2009b, 2010, 2011, 2012, 2014, Itoh and Takeda 2015, Itoh and Omori 2016, 2017, Itoh and Ara 2018a, 2018b, Itoh and Morita 2019)。そのなかで以下の 3 文書に内容がまとまっている。議論ではそれらを参照し、必要であれば関連する他の文書を参照することが適切であろう。

CCSBT/ESC/1208/30 : 2007 年から 2010 年の収穫魚の体長組成に基づく年齢分解。年齢分解は混合正規分布による分解とスライシングによる分解の両方を含めてある。

CCSBT/ESC/1909/20 : 2001 年から 2018 年までの畜養魚について、野生魚の年齢組成と仮定した成長率から期待される年齢組成及び漁獲重量の推定値を求め、また野生魚の年齢組成と収穫重量から期待される成長率を求めたもの。

CCSBT/ESC/1809/29 : 日豪間の議論において豪州からの質問に対する回答、豪州からの主張に対する反論をまとめたもの。

## 議論の前に明確にすべき点

これまでの議論で誤解されることの多かった点を以下に示し、明確化する。

- Point 1: 畜養魚は全個体はその年に収穫される。収穫は遅くても 10 月までである。
- Point 2: 収穫の多くは 7 月と 8 月である (年間収穫尾数の 79%が集中する)。Table 2 を参照。
- Point 3: 南半球の冬である 7 月や 8 月には水温が低く、畜養魚は体長も体重も成長しないと期待される。
- Point 4: 初期の解析では漁獲量への変換が容易 (不確実性の小さい) な体重で解析した。し

かし2014年のOMMP5において理解が困難なことから、体長で示すことが示唆された。これを受けて2015年からは体長ベースの解析にしている。SRP タグデータによる成長率の解析 (CCSBT-ESC/0909/31) は、2015年 (CCSBT-ESC/1509/32) に体長ベースの成長率にリバイズした。

**Point 5:** 最初の解析では収穫後に生鮮として扱われる魚と、冷凍される魚の2区分した。しかし豪州の主張に基づいて、2009年の解析からは生鮮、冷凍 (運搬船)、冷凍 (コンテナ) に分けて解析した。2007年畜養魚にもさかのぼってリバイズしてある (CCSBT-ESC/1208/30)。

**Point 6:** 体長体重関係式は、体長からの体重の推定と体重からの体長の推定とを区別した。野生魚と蓄養魚 (畜養終了時の収穫魚) とを区別した。野生魚には原魚重量と製品重量 (延縄漁獲魚。鰓、内臓、尾部を除く。必要な場合には1.15倍して原魚換算する) の場合がある。蓄養魚の体重は製品重量 (鰓と内臓を除く。尾鰭は付いている) で測定されており、原魚換算は豪州政府が用いている  $1.12+1\text{kg}$  を使用する。体長はいずれも直線尾叉長である。

### 新たなモニタリング手法の提案

以上を踏まえ、畜養モニタリングのための新たな手法を提案する (Fig.1)。新手法は、すぐに実行可能なものであること、また、初期の数年間でのしっかりした実施の段階と、将来の簡略化の段階とを分けることを企図した。さらに一部が完全でなくても実行できることを企図した。元のアイデアは外部パネルやメンバー国科学者から提案されているものに基づいた。

#### 標識放流

100尾サンプリング時に全個体で実施する。第2背びれ基部に装着。ダブルタグで脱落率も見る。収穫時にタグを回収し、体長の成長から畜養期間中の成長率を得る。タグ保持の影響を肥満度から評価する。

タグは事務局が用意し、畜養業者またはエージェントが事務局にデータを報告する。報告項目は、放流時及び再捕時の標識番号、体長、体重、収穫日、(可能な場合には) 業者名。事務局は翌年4月のデータ交換でデータを示す。業者名が機微な情報にあたる場合には、適当なコードに変換してよい。

#### ステレオビデオカメラシステム

全個体を撮影する。

20%以上の個体の体長を測定する。

翌年4月のデータ交換までに事務局に体長測定結果のデータを提出する。

### CDS 個別別サイズデータ

畜養収穫魚の全個体を含む。

翌年 4 月のデータ交換でメンバーに利用可能とする。個別別の収穫日、体長、体重データとする。豪州は、生鮮・冷凍、運搬船／コンテナなどの出荷形態や畜養場による違いなどに有意差が無いかを検証する。有意な違いがあった場合にはデータ報告項目に含める。機微な情報（会社名など）は適当なコードに変換してよい。

ステレオビデオカメラシステムは、野生魚漁獲時点に近い（まき網漁獲から曳航完了までに 1-2 週間がかかる）状態のデータが得られる長所があるが、体長測定が一部個体にとどまる可能性があり、測定バイアス（カメラに対して魚が直角でない、魚が重なっている、など）、個体選択のバイアス（サイズ特有の行動、など）が生じる可能性がある。

CDS 個別別データは、収穫魚の全個体（まき網漁獲－曳航中死亡－畜養中死亡；まき網漁獲個体数の>95%）の測定値が得られる長所があるが、畜養期間中の成長による影響を受ける。

データが得られた後には、年齢組成を {100 尾サンプリング：ステレオビデオカメラシステム}、{100 尾サンプリング：CDS 個別別データ}、{ステレオビデオカメラシステム：CDS 個別別データ} の 3 通りで比較する。

もしもステレオビデオカメラシステムの導入が遅れる場合には、年齢組成を {100 尾サンプリング：CDS 個別別データ} 間で比較することができる。

また、過去に提案された、生簀内の全ての魚を収穫する直前に 100 尾サンプリングを行うこと（Anon. 2014）や、ステレオビデオカメラシステムでの測定を実施することも有効であろう。

将来、モニタリングシステムを簡略化できる可能性はある。標識放流および 100 尾サンプリングを無くすことができるかもしれない。その場合には、メンバー間で合意が得られること、ステレオビデオカメラシステムによるデータ収集が十分に機能していること、CDS 個別別データのデータ収集が十分に機能していること、標識放流で得られる畜養期間中の成長率の知見が十分に得られ成長率の年変動が小さいこと、といった条件が必要である。少なくとも 5 年間は標識放流および 100 尾サンプリングも維持する必要があるだろう。

## **Introduction**

There has been a long discussion from 2005 to the present regarding the age composition and growth rate of Australian farmed southern bluefin tuna (SBT) and the uncertainty of catch weight at the time of catch in wild. There is a suspected bias in the

100 fish sampling which is currently implemented as a method for monitoring fish transported to farming cages. So far, CCSBT has been examining the size and growth of farming SBT in six approaches (Table 1), but the degree of bias has not been agreed in Extended Scientific Committee in CCSBT (ESC). The effectiveness of the stereo-video camera system is expected, and Australia has announced that it will start measuring length with the stereo-video camera system in December 2013 (Anon 2012), but it has not been implemented to date.

At the 2018 CCSBT annual meeting, it was agreed to invite experts to the 2019 ESC to discuss and aim to develop a new methodology for monitoring fish for farming (Anon 2018). For the purpose of facilitating the discussion, we present a list of the most important of our many documents. We also describe six points that should be clarified before the discussion. A new methodology for farm fish monitoring is proposed.

### **Documents should be referred to**

We have submitted more than 10 documents of analysis (Itoh et al. 2009a, 2009b, 2010, 2011, 2012, 2014, Itoh and Takeda 2015, Itoh and Omori 2016, 2017, Itoh and Ara 2018a, 2018b, Itoh and Morita 2019). The contents are organized into the following three documents. It would be appropriate to refer to them in the discussion and to reference other relevant documents if necessary.

**CCSBT/ESC/1208/30:** Age decomposition based on length frequency of harvested (killed after farming) fish from 2007 to 2010. Age decomposition includes both decomposition by mixed normal distribution and decomposition by age slicing.

**CCSBT/ESC/1909/20:** For farmed fish from 2001 to 2018, it estimated the expected age composition and total catch weight by purse seine from the age composition of wild fish caught and assumed growth rate during farming. In addition, it estimated the expected growth rate during farming from the age composition of wild fish and the total weight at harvest.

**CCSBT/ESC/1809/29:** A summary of the answers to the questions from Australia and the responses to the Australia's claim in the discussion in ESC.

### **Things to clarify before discussion**

The points that were often misunderstood in the discussion so far are shown below and clarified.

Point 1: All of fish individuals used for farming are harvested in the year. The harvest finish before October.

Point 2: A large part of fish were harvested in July or August (79% in average). See Table

1 below.

Point 3: Water temperature in July and August in Austral winter is low so that it is not expected that farmed fish grow either in length or weight.

Point 4: In the initial analysis, analysis was made with body weight that is easy to convert to total catch. However, the difficulty of understanding was suggested in the OMMP5 in 2014 that body length should be used. In response to this, we made length-based analysis since 2015 on. The analysis of the growth rate by SRP tag data (CCSBT-ESC/0909/31) was revisited to the growth rate based on length in 2015 (CCSBT-ESC/1509/32).

Point 5: In the initial analysis, fish that were analyzed in two categories, fresh or frozen after harvest. However, based on Australia's claim, the analysis in 2009 was divided into three categories, fresh, frozen (carrier) and frozen (container). It has been revisited as far back as farm fish in 2007 (CCSBT-ESC/1208/30).

Point 6: The length-weight relationships distinguished between estimation of body weight from body length and estimation of body length from body weight. A distinction was made between wild fish and farmed fish (harvested fish at the end of farming). As for wild fish, there are two cases; in whole weight and in processed weight (fish caught by longline vessels; excluding gill, gut and caudal fin, multiplied by 1.15 for conversion to whole weight if necessary). The weight of the farmed fish is measured by the processed weight (excluding gill and gut, caudal fin was not removed), and when conversion to whole body weight is necessary, a conversion factor of "1.12 times + 1 kg", suggested by the Australian government was used. All body lengths are straight forks length.

### **Proposal of a new monitoring method**

A new method for monitoring of farming is proposed (Fig.1, 2, 3). The new approach was intended to be immediately feasible and to separate a solid implementation phase in the first few years from a future simplification phase. Furthermore, it was intended that it could be implemented even if some were not complete. The original idea was based on what was proposed by external panels and member national scientists.

#### Tagging

This is performed on all SBT at 100 fish sampling at the start of farming. Attached tags to the second dorsal fin base. To see tag dropout rate, two tags will be attached for one individual. The tag is collected at the time of harvest, and the growth rate during

the farming period is obtained as the growth of body length. The effect of tag retention on fish health condition is evaluated from the degree of fatness of fish at the harvest.

Tags are prepared by the Secretariat and data is reported to the Secretariat from farming companies or an agent. Reported items are tag number, length, weight, harvest date, and trader at the time of release and recapture. If trader name is sensitive information, it may be changed to appropriate code. The Secretariat will present the data in the data exchange in April of the following year.

#### Stereo-video camera system

Take footage of all SBT individuals used for farming.

Measure the length of individuals at least of 20% of the number of fish individuals.

Submit the length measurement result data to the Secretariat by the next April data exchange.

#### CDS individual size data

Includes all farmed and harvested fish.

It will be made available to Members by exchanging data in April of the following year. Data includes individual harvest date, length, and weight. Australia will examine the significant differences in subgroups of fresh/frozen, freezer transport vessel/freezer container, and by farm company or farm cages. When there are significant differences, such item should be included in the data submission. Sensitive information (e.g. name of company) can be changed to appropriate code.

The stereo-video camera system has the advantage that it can obtain data that is close to the time of wild fish catch (it takes 1-2 weeks from purse seine catch to completion of towing), but the length measurement may be limited to some individuals. Measurement bias (fish is not perpendicular to the camera, fish are overlapping, etc.), individual selection bias (size-specific behavior, etc.) may occur.

CDS individual size data has the advantage of being able to obtain measurements of all harvested fish (purse seine catch minus mortalities during towing and farming; > 95% of purse seine catches), but it is affected by growth rate during farming.

After the datasets are obtained, the age compositions are compared in three ways: {100 sampling: stereo-video camera system}, {100 sampling: CDS individual size data}, {stereo-video camera system: CDS individual size data} (Fig. 1).

If the implementation of the stereo-video camera system is delayed, the age composition can be compared among {100 fish sampling: CDS individual data} (Fig. 2).

In addition, it is also effective to perform 100 fish sampling just before harvesting all fish in a cage (Anon. 2014) and to measure with a stereo-video camera system, which have been proposed in the past.

There is a possibility that the monitoring system can be simplified in the future. It may be possible to eliminate tagging and 100 fish sampling. In that case, it requires to fulfill several conditions including that to reach the agreement among the Members, that the data collection by the stereo-video camera system is sufficiently functioning, that the data collection of the CDS individual size data is sufficiently functioning, and that the growth rates from tagging during the farming period has already sufficiently obtained and that the annual fluctuation of the growth rate is small. It appears that tagging and 100 fish sampling should be maintained for at least 5 years.

## References

- Anonymous 2006 Independent review of Australian SBT farming operations anomalies. CCSBT/0607/12.
- Anonymous 2012 Report of the Nineteenth Annual Meeting of the Commission. Takamatsu City, Japan. October 2012.
- Anonymous 2014. Report of the Nineteenth Meeting of the Scientific Committee. Auckland, New Zealand. September 2014.
- Anonymous 2018. Report of the Extended Commission of the twenty-fifth annual meeting of the Commission. Noumea, New Caledonia. October 2018.
- Itoh, T., T. Sakamoto, and T. Yamamoto 2009a. Follow-up analysis on age composition of southern bluefin tuna used for farming in 2007. CCSBT/ESC/0909/29.
- Itoh, T., T. Sakamoto, and T. Yamamoto 2009b. Analysis of age composition of southern bluefin tuna used for farming in 2008. CCSBT/ESC/0909/30.
- Itoh, T., T. Kawashima, and T. Yamamoto 2010. Analysis of age composition of southern bluefin tuna used for farming in 2009. CCSBT/ESC/1009/21.
- Itoh, T., T. Kawashima, and M. Mishima 2011. Analysis of age composition and catch amount of southern bluefin tuna used for farming in 2010. CCSBT-ESC/1107/26.
- Itoh, T., Y. Akatsuka, T. Kawashima and M. Mishima 2012. Analyses on age composition, growth and catch amount of southern bluefin tuna used for farming in 2007-2010. CCSBT/ESC/1208/30.
- Itoh, T., K. Suzuki and S. Takeda 2014. Unaccounted catch mortality in Australian SBT farming fishery between 2001 and 2013 estimated from information of TIS and CDS. CCSBT-OMMP/1406/09(Rev).



- Itoh, T. and S. Takeda 2015. Update of estimation for the unaccounted catch mortality in Australian SBT farming in 2015. CCSBT-ESC/1509/32(Rev)
- Itoh, T. and R. Omori 2016. Update of estimation for the unaccounted catch mortality in Australian SBT farming in 2016. CCSBT-ESC/1609/24.
- Itoh, T. and R. Omori 2017. Update of estimation for the unaccounted catch mortality in Australian SBT farming in the 2016 fishing season. CCSBT-OMMP/1706/10.
- Itoh, T. and T. Ara 2018a. Update of estimation for the unaccounted catch mortality in Australian SBT farming in the 2017 fishing season. CCSBT-ESC/1809/28.
- Itoh, T. and T. Ara 2018b. Summary points of farm uncertainty relevant to size and total catch estimation of southern bluefin tuna, based on Attachment 7 in Report of ESC22. CCSBT-ESC/1809/29.
- Itoh, T. and Y. Morita 2019. Update of estimation for the unaccounted catch mortality in Australian SBT farming in the 2018 fishing season. CCSBT-ESC/1909/20.
- Jeffriess, B. 2014. A review of tuna growth performance in ranching and farming operations. CCSBT-ESC/1409/11.
- Jeffriess (2015) An updated review of tuna growth performance in ranching and farming operations. CCSBT-ESC/1509/35.
- Sakai, O., Itoh, T., and T. Sakamoto 2009. Estimation of growth in farmed Southern Bluefin Tuna using the CCSBT conventional tagging data. CCSBT/ESC/0909/31.

**Table 1 Six methods of size and growth of farming SBT**

Method	Years applied	Document	Remark
100 fish sampling	2001-2017	Anon. 2006	40 fish until 2012
Age decomposition from fork length mode	2007-2009	Itoh et al. 2009a, 2009b, 2010	
Age decomposition by slicing method	2007-2010	Itoh et al. 2011, 2012	
Assuming growth rate by SRP tagging data	2001-2018	Itoh et al. 2014, Itoh and Takeda 2015, Itoh and Omori 2016, 2017, Itoh and Ara 2018, Itoh and Morita 2019	
Stereo video camera system			There was an experiment in 2011
Food conversion rate (FCR)	2014, 2015	Jeffriess 2014, 2015	

**Table 2 Proportion of the number of SBT farmed fish that imported to Japan by month.**

Month	Year				Mean
	2007	2008	2009	2010	
3		0.2%	0.5%	0.4%	0.4%
4	0.6%	1.9%	3.4%	2.4%	2.1%
5	0.7%	2.7%	5.6%	3.2%	3.1%
6	0.9%	1.9%	5.9%	5.0%	3.4%
7	31.3%	16.3%	44.1%	46.7%	34.6%
8	33.4%	74.2%	34.6%	36.8%	44.7%
9	19.8%	2.1%	5.2%	4.5%	7.9%
10	13.3%	0.6%	0.7%	1.0%	3.9%
N	287,364	256,318	280,507	180,107	

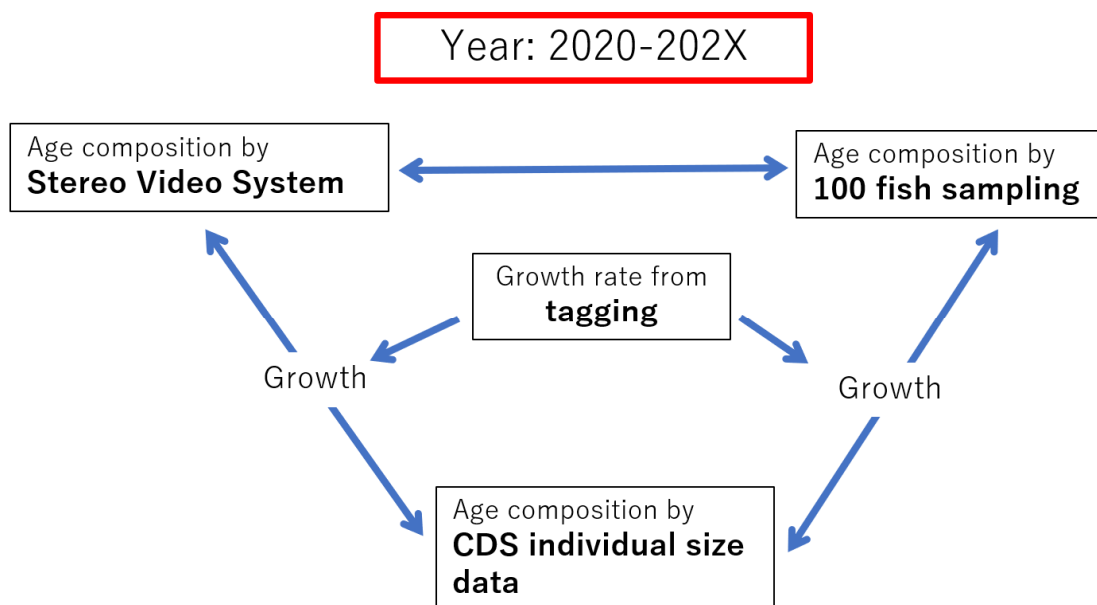


Fig. 1 Schematic diagram of SBT farm monitoring method (solid implementation phase in the first few years)

*If Stereo Video System is not implemented .....*

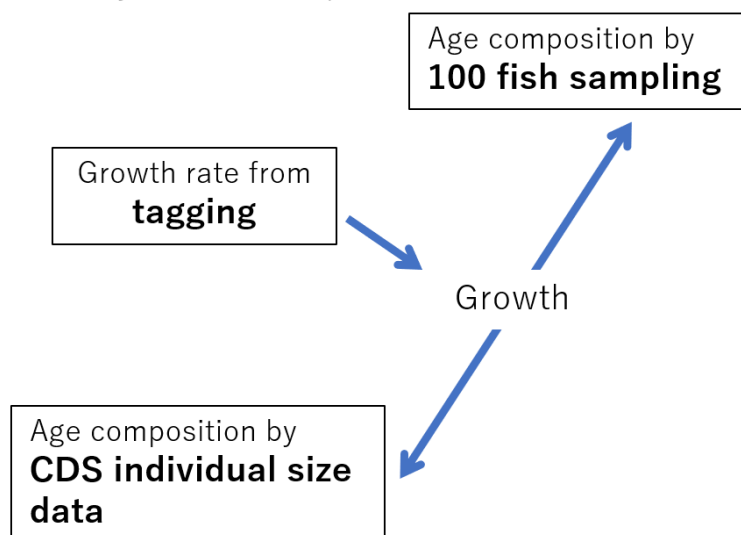


Fig. 2 Schematic diagram of SBT farm monitoring method (solid implementation phase in the first few years) in the case if stereo video-camera system is not implemented

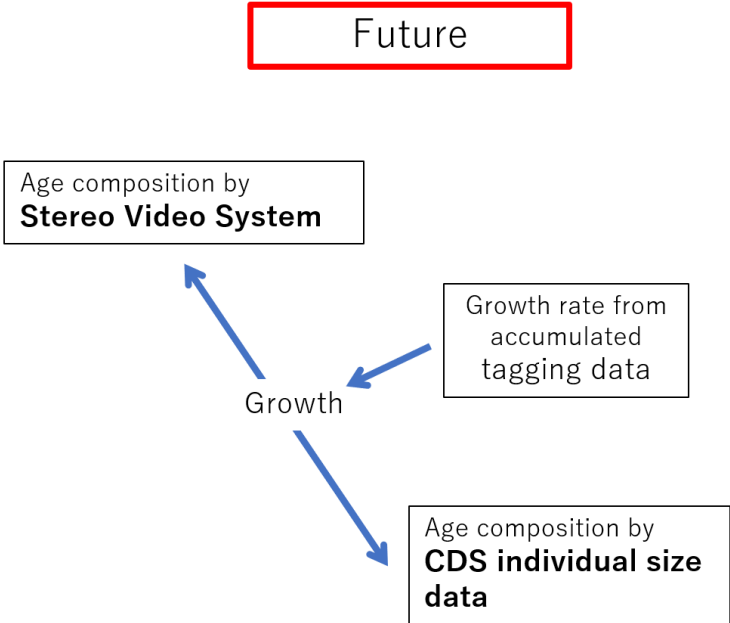


Fig. 3 Schematic diagram of SBT farm monitoring (future simplification phase)