

# **Studies on the feeding ground utilization by dugongs in the intertidal seagrass beds in Talibong Island, Thailand using drone-based photogrammetry**

## **Abstract**

It is well acknowledged that most marine mammals are at risk from anthropogenic activities. Entanglement in fishing gear is one of the principal causes of significant mortality among marine mammal populations. To mitigate this issue, many regions have established protected areas where fishery is either prohibited or restricted. However, the conservation and management of marine mammal species throughout their entire ranges pose significant economic and social costs to the fisheries industry. Consequently, management strategies have been developed to prioritize conservation efforts in specific areas or during certain seasons. The areas and times where management intervention is likely to be most effective are typically determined by analyzing data on the seasonal distributions of animals.

Fundamentally, marine mammals adjust their fine-scale locations based on both extrinsic factors, such as weather and environment, and intrinsic factors, like age and sex. Thus, a failure to link animal distribution with these factors globally limits our ability to accurately predict their distribution, and to implement effective management measures. Furthermore, for some species, little information on habitat use is available due to the challenges associated with direct observation. For such species, developing methods to monitor habitat use in relation to both extrinsic and intrinsic factors is of critical importance.

The dugong, *Dugong dugon*, is the only fully herbivorous marine mammal that consumes seagrass and is broadly distributed across tropical and subtropical regions. Dugongs are globally classed as “Vulnerable to Extinction” on the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species. One of the primary threats to their existence is entanglement in gill nets, which causes significant mortality. Boat strikes are another source of mortality, and boat traffic has been observed to reduce dugongs’ feeding time budget. Due to their herbivorous diet, dugongs spend considerable time feeding in seagrass beds. This often leads to conflicts between dugong conservation and coastal fisheries. Therefore, understanding their habitat use in seagrass beds is of primary importance. Such knowledge provides insight into prioritizing areas for conservation and management. However, their feeding ground utilization, particularly in relation to intrinsic factors, is poorly understood.

Intertidal seagrass beds are considered preferential feeding grounds for dugongs. Furthermore, multiple studies support that dugongs prefer seagrass beds that are higher in biomass or nitrogen content, and lower in fiber concentrations. A comprehensive understanding of the utilization distribution of feeding locations and their temporal variation is also vital. Previous surveys have primarily focused on identifying key feeding grounds based on snapshot surveys on distribution of animals or feeding trails. However, if feeding locations are clumped and the core area shifts rapidly, we could miss significant feeding grounds by relying solely on snapshot surveys. Furthermore, the primary feeding grounds of dugongs might vary based on individual-specific factors such as growth stage, given that mother-calf pairs of dugongs and manatees in certain regions have been consistently observed in the same

area. If variations in habitat use strategies are confirmed across feeding grounds, successful conservation might require different strategies targeting specific threats to each habitat use strategy. To date, feeding ground utilization of dugong, specifically in terms of utilization distribution, temporal variation, and local variations, has been under-documented. Given these research gaps, this study aimed to explore dugong feeding ground utilization in intertidal seagrass beds in Talibong Island, Thailand.

The utilization distribution of a feeding ground and its temporal variation can be assessed by comparing the distribution of feeding trails over time. Feeding trails are unvegetated trails left after they have fed. Traditional observation of feeding trails has been limited to specific lines or points due to the time-and-effort constraints inherent to traditional ground-based measurements. As a result, few studies have mapped the distribution of feeding trails throughout a contiguous area. I addressed this challenge by developing methods to collect drone-based photographs at few-days intervals and to evaluate the area of feeding trails made during each interval by comparing a time series of these photographs. Data on the utilization distribution of feeding trails over two weeks suggested that the core feeding area shifts daily.

I further investigated seasonal variation in feeding ground utilization across two intertidal seagrass beds around Talibong Island. Two observation areas were established. Site A is where solitary individuals can be observed, while Site B is where the largest herd has been previously detected through aerial surveys. The area, spatial distribution, and shape of feeding trails were analyzed to estimate amount, home range, core area, and direction of feeding. Feeding amount and seagrass coverage showed clear seasonality at Site B, whereas no significant seasonality was observed at Site A. At both sites, the direction distribution of feeding trails remained consistent throughout the year. The core area shifted both daily and seasonally, while the home ranges of feeding trails remained consistent across seasons at both sites. Furthermore, behavioral observations suggested a relationship between the directions of body axis of feeding dugongs and tidal currents. To summarize, the dugong's feeding routes, in terms of spatial extent and direction, were consistent throughout the year, regardless of variations in feeding amount. The tidal currents might have been the primary factor influencing dugong movements during feeding.

Feeding ground utilization across these sites was further investigated from the perspectives of individual characteristics and behaviors. Body length, site fidelity, distance from the nearest individual, social interactions, and population density were examined over a year at Site A and 3 months at Site B. Site A was characterized by a lower population density, higher year-round site fidelity, occupancy by relatively large individuals, absence of herds (i.e., feeding aggregations), and presence of aggressive encounters. In contrast, Site B was characterized by a higher population density, lower site fidelity, occupancy by individuals with a wider range of body lengths, and presence of feeding aggregations and mating behavior. These sites located approximately 5 km apart, well within the known home range of dugong from another region, however, no individual was observed at either site. The higher site fidelity at Site A suggests that this site was able to support the feeding requirements of the residents. Unlike Site A, Site B served as a nursery and socializing ground. These observations confirmed that there is a local variation in feeding ground utilization associated with individual specific details.

The first major finding of this study is that movement patterns of dugongs in feeding grounds remain consistent throughout the year, regardless of changes in amount of feeding. This indicates that conservation efforts to mitigate risks of entanglement and negative effects of boat passages should not be prioritized during any specific season.

The second significant finding is the local variation in feeding ground utilization, associated with individual specific details and social interactions. This highlights opportunities to refine conservation strategies by targeting specific threats inherent to each pattern of feeding ground utilization. For instance, a potential refinement could involve prioritizing the conservation of feeding grounds used by younger individuals, which are more vulnerable to nutritional challenges. Based on these findings, effective conservation measures to mitigate threats for dugongs may require consistent conservation efforts in prioritized areas throughout the seasons. Overall, this study provides findings that can assist in developing conservation and management measures for dugongs.

## 要旨

近年、人間活動が海洋生物に与える影響が懸念されている。例えば海産哺乳類が漁網に絡まり溺死する混獲は世界的な課題であり、保護区を設定し、区内での漁業が制限されることがある。海産哺乳類の行動圏全域で人間活動を制限することは漁業への負担が大きく現実的ではないため、優先的に保全すべき場所や時期を特定する試みがなされている。優先的に保全すべき場所や時期は、漁業活動および生物の季節毎の位置情報をもとに定められることが多い。海産哺乳類が利用する場所は個体の成長段階などの内部要因や周辺環境の影響を受けて変わるが、このことは保護策の制定において十分に考慮されないことが多い。また、観察が困難な種については、保護策を論じるための基礎的な知見さえ十分に得られていない。このような種の生息地利用を調べる手法を開発し、生息地利用を個体の外部にある要因と内部にある要因の双方から捉える視座が必要である。

ジュゴン (*Dugong dugon*) は熱帯から亜熱帯の沿岸域に生息する大型哺乳類であり、一生を海で過ごす哺乳類の中で唯一草食性である。本種は世界的に絶滅の危機に瀕しており、国際自然保護連合 (IUCN) のレッドリストにおいて危急種に指定されている。本種の死因のうち最多とされるのが混獲死である。このほか、船舶との衝突による死亡、船舶の接近により摂餌を中断することなどが問題視されている。ジュゴンは沿岸漁業においても重要な場である海草藻場で多くの時間を過ごすために、本種の保護と沿岸漁業との間には軋轢が生じている。

ジュゴンの保護努力を集中させるべき場所を検討するためには、摂餌場である海草藻場をどのように利用するかを理解することが特に重要である。しかしながら、本種の摂餌場利用の観察には技術的な制約がある。さらに、本種の摂餌場利用と個体の内部要因との関係は特に知られていない。

ジュゴンは干出する潮間帯の海草藻場を頻繁に利用する。また、生物量または窒素含有量が高く、繊維質の少ない海草を好むことが知られている。本種の摂餌場利用に対する理解をさらに深めるためには、摂餌場の利用分布とその時間変化を知ることが重要である。これまでの研究では、ある時の個体や摂餌痕の分布をもとに、重要な摂餌場を調べてきた。もし摂餌の集中域が日単位で移動する場合、従来のスナップショット的な観察では、重要な摂餌場所を正確に評価できない可能性がある。また、ジュゴンの母子ペアが一定の場所で頻繁に観察されることを考えると、

本種は成長段階などに応じて異なる摂餌場利用を示す可能性がある。もし本種の摂餌場利用が摂餌場ごと、また個体ごとに異なる場合、それぞれの利用様式を考慮した保護活動が効果をもたらす可能性がある。しかしながら、本種の摂餌場利用は、摂餌場の利用分布とその時間変化、利用様式の局所的な違いという観点において特に知られていない。これらのことから、本研究の目的は、東南アジア最大の生息地であるタイ国タリボン島において、ジュゴンの潮間帯の摂餌場利用様式を明らかにすることとした。

ジュゴンの摂餌場利用分布とその時間変化を明らかにする手段として、本種が海草を食んだ後に残る摂餌痕の空間分布の観察が挙げられる。しかしながら、摂餌痕の実地計測には多くの時間と労力がかかるため、従来の摂餌痕観察は海草藻場内のある地点やライン上で行われてきた。このため、摂餌痕が連続した空間の中でどのように分布するかはこれまでほとんど調べられていなかった。本研究では、無人航空機を用いて摂餌場を一定の日間隔で撮影し、摂餌場の画像を経時観察することで、一定期間内にできた摂餌痕の領域を評価する方法を開発した。開発した手法を用いて摂餌場利用分布の時間変化を 2 週間にわたり調べたところ、摂餌痕の集中域が日毎に移動することが明らかになった。

さらにタリボン島周辺の潮間帯の摂餌場 2 ヶ所において摂餌場利用分布の季節変化を調べた。過去の航空調査において単独の個体が見られた場所に調査地 A を、最も大きい群れが見られた場所に調査地 B を設定した。具体的には、摂餌痕の面積、空間分布、形状をもとに、摂餌量、摂餌範囲、摂餌方向の季節変化を分析した。調査地 A では摂餌量と海草被度に明瞭な季節変化が見られなかった一方で、調査地 B では摂餌量と海草被度の双方が雨季に減少した。また、双方の調査地で、摂餌痕方向の分布は通年一定であった。さらに、双方の調査地で摂餌痕の集中域は数日単位で変化した。摂餌痕の分布範囲は季節間で重複していた。また、摂餌中のジュゴンの体軸方向と潮流方向の関係には相関があった。これらの結果をまとめると、摂餌量の増減にかかわらず、摂餌場を通過する範囲や方向は通年一定であり、潮流が摂餌場内での移動に影響を与えることが示唆された。

さらに、これらの調査地における摂餌場利用を、個体の特性や行動という観点から調べた。このために、調査地 A で 1 年、調査地 B で 3 ヶ月にわたり、個体の体長、再来遊率、最も近い個体との距離、社会行動、および摂餌場における個体密

度を調べた。調査地 A には再来遊率の高い少数の成獣が来遊した一方で、調査地 B には再来遊率が低い幼獣、亜成獣、成獣が多数来遊した。また、調査地 A では群れが形成されず、闘争が起こることがあったが、調査地 B では群れが形成され、繁殖行動が観察された。これらの調査地間の距離は約 5 km であり、ジュゴンの一般的な行動圏の範囲内である。しかしながら、同じ個体が双方の調査地で見られることはなかった。再来遊率が高い調査地 A では、個体が摂餌し続けるのに十分な餌資源があったと考えられる。また、調査地 A とは異なり、調査地 B は繁殖や社会行動にも利用されていた。本調査地には、少なくとも二つの異なる摂餌場利用様式があることが示された。

本研究により、ジュゴンの摂餌量は摂餌場によっては季節変化するものの、摂餌場を通過する範囲や方向は通年一定であることが示された。このことから混獲や船舶の影響を軽減させるためには、特定の季節に保護努力を集中させるべきではないと考えられる。また、摂餌場利用様式は局所的に異なり、個体の成長段階や行動様式が摂餌場によって異なった。このことは、各摂餌場の利用様式に応じて保護努力を重みづけすることが有効であることを示している。考えられる重みづけの例として、餌資源の不足に脆弱な若齢個体が利用する摂餌場を重点的に保護することが挙げられる。これらの結果を合わせると、年間を通して保護の努力量を変えず、場所に応じて保護努力量を分配することが効果的であると考えられる。これらのことから、本研究において得られた知見は、本種の保護施策の改善に貢献し得る。