

KSC 周辺の船舶運航の統計的調査について

塚本茂樹

(1988年11月8日受理)

Statistical investigations on an amount of ship traffic around KSC

By

Shigeki TSUKAMOTO

Abstract : An amount of ship traffic around our launching site, Kagoshima Space Center, (KSC) is doubtlessly significant because some of our boosters impact this area. We had some statistical investigations on the traffic around KSC within 60 km using a marine radar on a hill top. (330 m in height) 24 & 48 hours observations tell us that most ships run within 20 km along the coast line, and that ship density amounts to 4×10^{-6} in maximum near the coast and it decreases to in the range of 10^{-7} further than 50 km in distance.

概 要

KSC 周辺, 半径 60 Km 以内, 方位 $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の海域における船舶の運航の統計的調査を行った。調査期間は季節を分けてそれぞれ 24 時間, 48 時間マリンレーダーを連続運転させた。16 秒毎の各船舶と位置とその大きさ(面積)を観測し, それらの観測値はミニコンに送られ自動観測化された。この海域では圧倒的多数の船舶は, 大隅海峡を通過する沿岸航路の船舶であること, 九州東方から種子島東方にかけての外洋航路の一部が認められること, 又短期間の観測ではあるが, 船舶密度は最大で 4×10^{-6} 程度, 50 km 以遠では 10^{-7} 程度までさがるデータを得た。

1. はじめに

KSC 打上げの vehicle の中には近海にその一部が落下するものがある。大型飛しょう体ではサブブースターが、小型では K-9 M 型のブースターがその例である。このため打上げ時には巡視船が出動し、予想落下点の近傍をパトロールする。この付近の船舶交通量の正確な飛しょう保安上基本的であり、又重要であることは言うまでもない。既に我々は沿岸については、マリーンレーダーと大型双眼鏡により長期にわたって観測を行った事があり [1, 2], また外洋については二, 三の資料により [3, 4, 5] 上段部の落下点付近の船舶密度を推定してきた。

この船舶の統計的調査では、マリーンレーダーと飛しょう保安用ミニコンを結び、観測を自動化し長時間観測を可能にさせ、48 時間連続観測まで行った。マリーンレーダーの回転アンテナの 5 周期に一度、最大 50 隻分の船舶の位置とその大きさを 10,000 回以上に渡って観測したものであり、各海域に対する船舶密度の統計的精度は良好で、ゆらぎの少ない結果が得られた。

2. 観測方法船舶密度算出法

マリーンレーダーのアンテナは KSC コントロールセンター屋上、海拔 330 m に位置する。ここでの見通し距離は約 64 km である。方位については、種子島、屋久島を除く 65° ~ 210° の範囲の水平線まで臨むことができる。

観測に用いられたマリーンレーダーの性能を述べると、このレーダーは 800 Hz の時間幅で、9.8 GHz, 50 KW のパルスを出力し、アンテナ線は 16 秒に 5 回旋回する。従って、空間方位を 0.14° で分解することになる。レーダー情報は各船舶の距離、方位だけでなく、各船舶の見込み角に比例すると考えられるレーダーエコーのパルス数、すなわちヒット数も含む。このヒット数と距離からその船舶が海上に占める面積が計算される。距離、方位およびヒット数で 4 バイトの情報を構成し、一度に 50 隻分の情報を 16 秒毎にミニコンに伝送する。

船舶が占める面積を次のように求めた。

船舶に関して次の仮定をおく。

- A) 各船舶は常にマリーンレーダーの電波を側面直角方向に受ける。
- B) 各船舶は相似形状を有す。
- C) マリーンレーダーのエコーは船舶の材質に影響されない。

ある船舶 k の距離, ヒット数, 長さおよびその船舶が海上に占める面積を R, P, L, s とする。上記の仮定から次の関係が得られる。

$$L_k \propto \sqrt{s_k}$$

$$\propto R_k P_k$$

比例定数は知られた船舶の長さから算出され、我々の場合巡視船を利用することができ

SHIP TRACES & SHIP DENSITY

START 14 : 29 : 26

END 15 : 30 : 30

RANGE 10Km~60Km

0.4E-050.3E-050.3E-050.1E-050.6E-06
 0.4E-050.3E-050.1E-050.1E-050.6E-06
 0.3E-050.2E-050.9E-060.3E-050.4E-06
 0.3E-050.1E-050.1E-050.1E-050.4E-06
 0.3E-050.1E-050.6E-060.2E-050.8E-06
 0.3E-050.1E-050.9E-060.2E-050.1E-05
 0.3E-050.1E-050.2E-050.4E-050.4E-05
 0.3E-050.1E-050.1E-050.2E-050.1E-05
 0.3E-050.2E-050.2E-050.1E-050.5E-06

OK

1984 SEP. 6 - 7 KSC

COPY 1

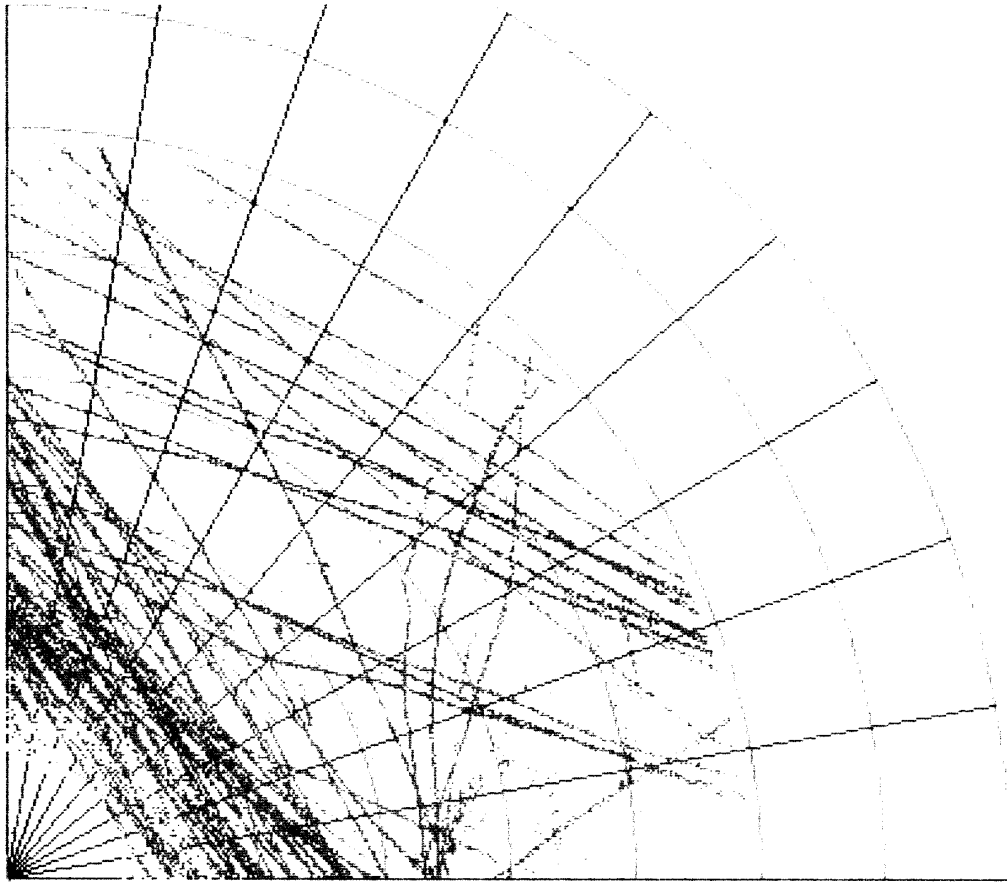


図 2

SHIP TRACES & SHIP DENSITY

START 16 :30 :00 5/22

END 16 :34 :53 5/24

RANGE 10Km~60Km

- 0.3E-060.7E-060.1E-050.4E-060.1E-06
- 0.4E-060.6E-060.5E-060.3E-060.8E-07
- 0.4E-060.4E-060.6E-060.4E-060.1E-06
- 0.4E-060.4E-060.3E-060.2E-060.7E-07
- 0.5E-060.3E-060.6E-050.3E-060.1E-06
- 0.4E-060.4E-060.2E-060.5E-060.1E-06
- 0.4E-060.4E-060.3E-060.3E-060.3E-06
- 0.4E-060.5E-060.4E-070.2E-060.1E-05
- 0.6E-060.5E-060.4E-060.2E-070.2E-06

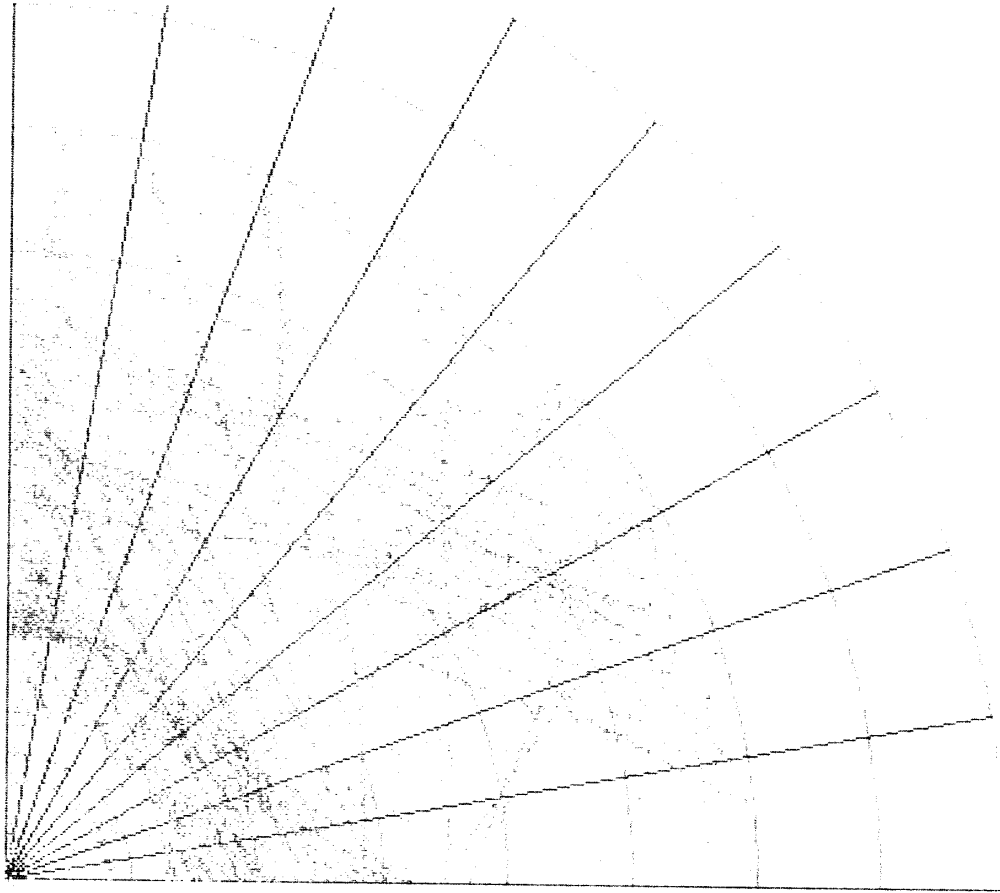
OK

1985 . MAY 22 - MAY 24

KSC

COPY 1

OK



☒ 3

る。時間 t に、ある海域 (i, j) において全船舶の占める面積を $S = S_{ij}(t)$ とし、この海域における全船舶数を N とすれば、

$$S_{ij}(t) = \sum_k^N S_k$$

さて、落下する飛しょう体が各海域において船舶と衝突する確率は、次のような船舶密度 σ_{ij} を定義することにより定まる。

$$\sigma_{ij} = \frac{\overline{S_{ij}(t)}}{A_{ij}}$$

ここで、 A_{ij} は海域 (i, j) の面積、 $\overline{S_{ij}}$ は海域 (i, j) において全船舶の占める面積の時間平均をあらわす。

実際の計算にあたっては、各船舶の面積は次の大中小の3種に分類した後、時間平均を求めた。

大型船舶	$100 \text{ m} < L$
中型船舶	$20 \text{ m} < L < 100 \text{ m}$
小型船舶	$L \leq 20 \text{ m}$

3. 観測結果

1984年9月6日から翌日にかけて、第一回観測を行った。その結果を図2に示す。右図は、第二象限分の航跡図である。衛星打上げ時には、方位 90° 付近が重要になることが多く、また観測ロケット打ち上げ時には 145° 付近が重要になることが多い。

船舶の大きさを色で区別する。赤、マゼンダ、黄の点はそれぞれ大型、中型、小型の船舶をあらわす。圧倒的多数の船舶は沿岸 12 n. m. (約 20 km) 以内の沿岸航路をとり、大隈海峡を通過することがわかる。九州東方から種子島東方にかけて外洋航路が認められるが、

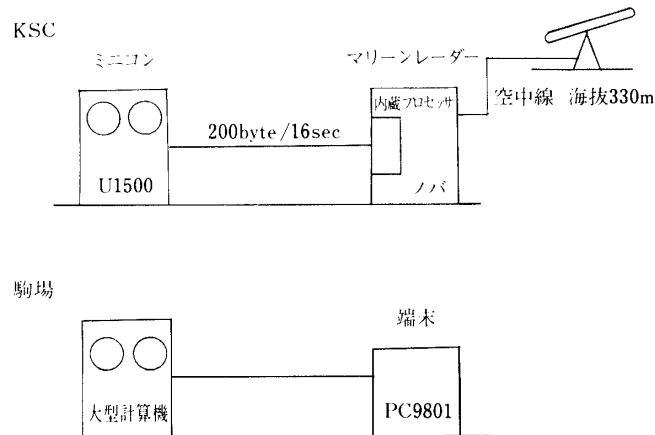


図1 データ処理システム図

これは日本の経済の大動脈であるシーレーンの一部であろう。また大隅海峡から外洋にかける航路も認められる。

距離 10 km 以内は、レンジ切りかえのため、また 60 km 以遠は地球の曲率のためデータが得られない。

左表は各海域の船舶密度を与える。各行に 10 km 毎に 10 km～60 km の、また各列には方位 10° 毎に 90° から 180° までの船舶密度が表示されてある。この表から、船舶密度の最大値は 10 km～20 km の海域で 4×10^{-6} 程であることがわかる。また、50 km 以遠では 10^{-7} 台に落ちる海域が多い事がわかる。

船舶密度の季節変化を知るため、第二回観測を 1985 年 5 月 22 日から 24 日にかけて行った。22 日と 23 日はあいにく天候が悪く、海上は大荒れで船舶交通量は少なかった。図 3 に 48 時間観測結果を示す。図 2 と同様な航路が認められるが船舶密度は全体に小さく特に沿岸部で小となっている。これは天候が悪く沿岸の交通量がもともと少ないうえ、波浪により電波が途中で時間遮断されたためである。航路に断続が目立つ。季節変化より日変化が強くて結果となったが、船舶密度の上限は前回の結果より与えられるだろう。

4. おわりに

装置を自動化することにより、従来の観測に比べて遺漏なく長時間観測が可能となり、統計的精度を上げる事ができた。船舶密度の最大値は従来考えられてきた値と矛盾しない。距離の増加に従って船舶密度の減少する様子が把握できた。

参 考 文 献

- [1] 内の浦沖目視観測資料 (宇宙研)
- [2] 内の浦沖マリンレーダー観測資料 (宇宙研)
- [3] 海難防止協会資料
- [4] 水産庁資料
- [5] 運輸省資料