

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20540425

研究課題名（和文） 来島海峡の潮流場と通過流の音響トモグラフィ計測

研究課題名（英文） Acoustic tomography measurement of tidal currents and throughflow in the Kurushima Strait

研究代表者

金子 新 (KANEKO ARATA)

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：10038101

研究成果の概要（和文）：

3台の4kHz-CATSを用いた沿岸音響トモグラフィ実験を、通行船舶の海難事故の多発で有名な、来島海峡で2009年7～8月に実施した。海峡を通過する潮流の通過流量変動の振幅は、小潮—大潮に対して、50,000m³/s から 150,000m³/s までの範囲で大きく変化した。大潮—小潮の周期(14日)で時間平均した通過流量は、4,700 m³/s の誤差幅をもって、東向きに 7,200m³/s となった。来島海峡で5日周期の水温変動が発生していることが発見された。この水温変動は、0.45 m/s の位相速度で東向きに伝播することがわかった。

研究成果の概要（英文）：

The coastal acoustic tomography experiment by three 4-kHz systems were conducted during July to August, 2009 in the Kurushima Strait where ship accidents frequently occur. The amplitude of volume transport for tidal currents through the strait varied in the range of 50,000 ~ 150,000 m³/s, following the fortnightly period of 14 days. The transport averaged over the fortnightly period (14 days) was 7,200 m³/s eastward over the error bar of 4,700 m³/s. The temperature variation of 5-day period was found in the Kurushima Strait and propagated eastward through the strait with the phase velocity of 0.45 m/s.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋計測法、海洋音響トモグラフィ

1. 研究開始当初の背景

瀬戸内海水は、「急潮」、「底入り潮」を通して豊後水道に流入する黒潮系水により、ゆっくりと東方に移流し、紀伊水道から流出すると予想されている。この瀬戸内海通過流は、瀬戸内海の物質循環を直接支配しているため、瀬戸内海の環境にとって極めて重要な因子となる。瀬戸内海水は、2～3年で太平洋水と交換すると考えられている。瀬戸内海沿岸に多くの工業地帯が発達しているにもかかわらず、瀬戸内海の海洋汚染がそんなに進行していないのはこの海水交換のためである。しかしながら、これらの瀬戸内海通過流の実態はこれまでほとんど実測されたことがない。瀬戸内海中央部の来島海峡や安芸灘で、瀬戸内海通過流や豊後水道に侵入する黒潮によって引き起こされる水温変動を計測し、瀬戸内海の環境変動の実態を解明することは極めて重要なことである。

2. 研究の目的

瀬戸内海では、これまで船舶の通航や活発な漁業活動のため、設置型流速計による長期計測が困難であった。測定海域を取り囲むようにして設置した送受信局（音響局）間で音波を送受信することにより、海域中央部の流速や水温を計測できる沿岸音響トモグラフィーを利用すれば、瀬戸内海の環境研究を飛躍的に発展できる。船舶の通航や漁業活動を妨げることなしに、長期計測ができるからである。

瀬戸内海中央部の重要海域である来島海峡と安芸灘の時々刻々変化する潮流場と残差流（瀬戸内海通過流）の計測に沿岸音響トモグラフィー法を適用し、来島海峡の時々刻々変動する潮流と水温の時間変動特性を解明する。そして、瀬戸内海中央部に及ぼす黒潮の影響を明らかにする。

3. 研究の方法

来島海峡の両側に配置した複数の沿岸音響トモグラフィー装置(KR4, KR5, KR6)間の双方向海中音波伝播実験により、海峡通過流量変動と水温変動を計測する(図1、図2)。KR4とKR5間と、KR4とKR6間で得られた音波伝播時間差データで平均流速が得られ、音波平均伝播時間データで平均水温が得られる。2方向で得られる平均流速を座標変換することにより北向き、東向き流速成分に変換する。さらに、海峡を東向きに通過する断面平均流速を求め、これに通過断面積を乗じることにより海峡通過流量を求める

ことができる。

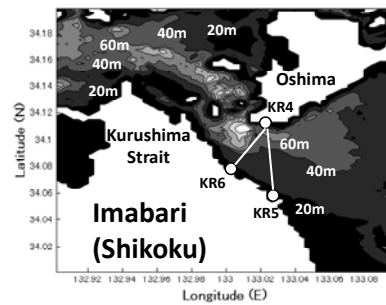


図1 来島海峡実験における測点配置図

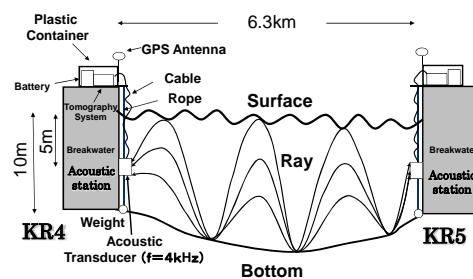


図2 漁港防波堤を利用して来島海峡に設置した沿岸音響トモグラフィー装置のスケッチ

4. 研究成果

図3に、来島海峡最深部で得られたCTDデータを用いて実施した音線シミュレーションの結果を示す。音線は、鉛直断面内のほぼ全部を覆うように分布している。またこれらの音線の到達時間差は非常小さいので、分離できない。そのために、音線に沿って得られる平均流速は、鉛直断面平均と考えてよい。

図4に、海峡通過流量の時系列図を示す。通過流量の変動振幅は、大潮時 $150,000\text{m}^3/\text{s}$ で小潮時 $50,000\text{m}^3/\text{s}$ であった。

図5に、1時間～2週間のバンドパスフィルターを通した後の、水温の時系列図を示す。両測線でえられたデータ共に、ほとんど同じ位相の5日周期変動が明瞭に認められる。

図6に、水温の時系列データを用いて求めたパワースペクトル図を測線KR4-KR5とKR4-KR6に分けて示す。半日と1日周期の内部潮汐に対するスペクトルピークは当然として、他の最も顕著な現象として5日周期

のスペクトルピークが認められる。

図7に、測線 KR4-KR6 と KR4-KR5 で得られた水温変動のクロススペクトル解析結果を示す。5 日周期の水温変動のコヒーレンスは 0.9 で、フェーズは -0.065 radian となった。測線 KR4-KR6 と KR4-KR6 との平距離を 2 km とすると、この 5 日周期の水温変動は、0.45 m/s で東向きに伝播することになる。

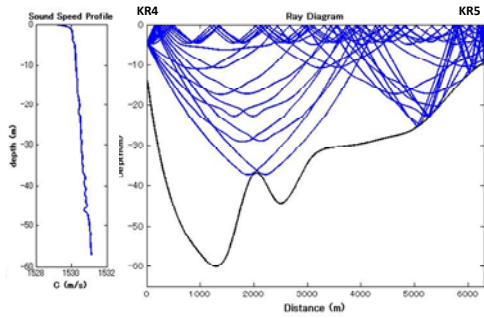


図3 音線シミュレーションの結果

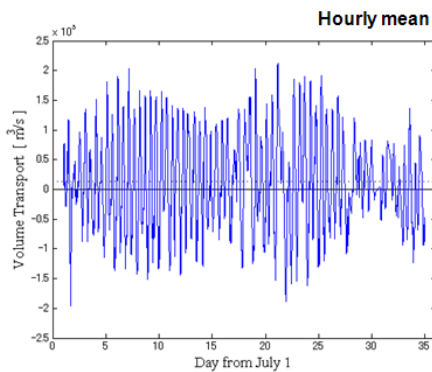


図4 海峡通過流量の時系列図

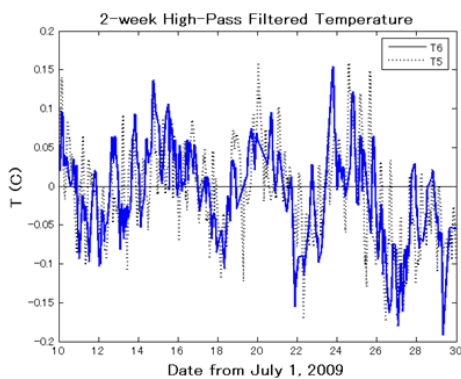
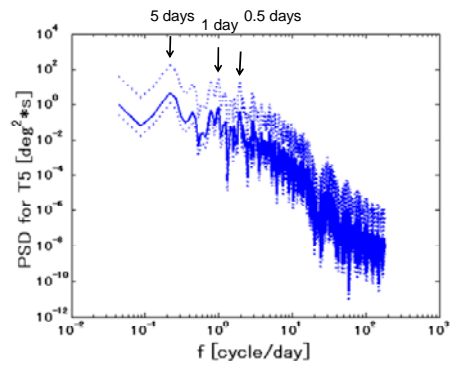
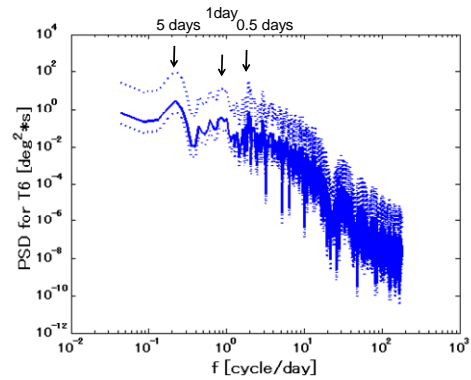


図5 1 時間～2 週間のバンドパスフィルタ

一を通して得られた水温の時系列図

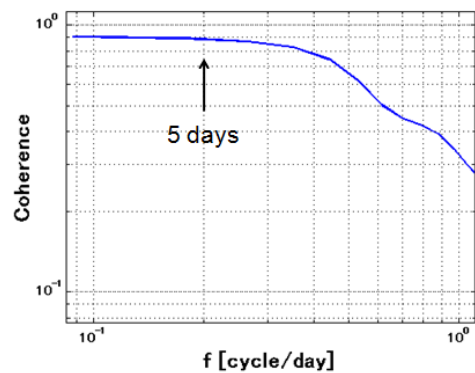


(a) KR4-KR5 の間で得られたデータ

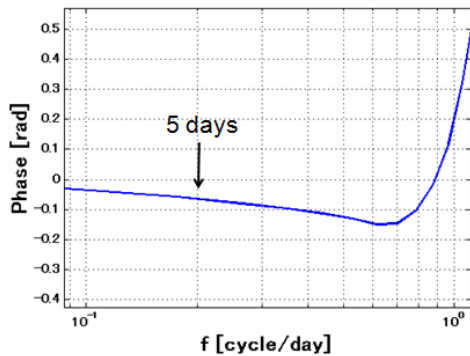


(b) KR4-KR6 の間で得られたデータ

図6 水温の時系列データを用いて求めたパワースペクトル解析結果



(a) コヒーレンス



(b) フェーズ

図7 KR4-KR6 および KR4-KR6 の水温のデータを用いたクロススペクトル解析結果。

本研究で得られた主要な研究成果を以下にまとめて示す。

- 1) 沿岸音響トモグラフィー法を瀬戸内海中央部の来島海峡と安芸灘に適用し、漁業や船舶の通航を妨げることなしに、1カ月～3カ月の長期にわたって、潮流と瀬戸内海通過流の計測に成功した。
- 2) 来島海峡を通過する潮流の流量変動の振幅は、小潮時の 50,000m³/s から大潮時の 150,000m³/s までの範囲で大きく変動する。
- 3) 来島海峡では、海水が、7,200m³/s の平均通過流量で東向きにゆっくりと移動している。この流量で瀬戸内海水が黒潮水と交換するとすれば、3.9年で完全に入れ換わることになる。
- 4) 来島海峡において5日周期の水温変動が発生する。この水温変動は、0.45 m/s の位相速度で東向きに伝播する。
- 5) 安芸灘では、水温変動は、5日および7日の周期で発生する。この5日と7日周期の変動が来島海峡では、合体して少し幅の広い5日周期のスペクトルピークになる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

1) Y. Adityawarman, A. Kaneko, K. Nakano, N. Taniguchi, K. Komai, X. Guo, and N. Gohda, Reciprocal sound transmission measurement of mean current and temperature variations in the central part (Aki-nada) of the Seto Inland Sea, Japan, Journal of Oceanography, Vol. 67, 173-182, 2011 (査読有)

2) Y. Adityawarman, A. Kaneko, N. Taniguchi, H. Mutsuda, K. Komai, X. Guo, and N. Gohda, Measurement of transport variations in the Kurushima Strait by the reciprocal sound transmission method, Acoustical Science and Technology, 2011 (submitted). (査読有)

3) Y. Adityawarman, A. Kaneko, N. Taniguchi, H. Mutsuda and N. Gohda, Reciprocal sound transmission measurement of the 5-day temperature variation in the Kurushima Strait, Acoustical Science and Technology, 2011 (submitted). (査読有)

4) 金子新、沿岸音響トモグラフィーによる海洋環境計測、非破壊試験、第60巻、第7号、2011(印刷中)。 (査読無)

[学会発表] (計1件)

1) 金子新、来島海峡音響トモグラフィー実験、日本音響学会秋季研究発表会、2010年9月14日、大阪市(招待講演)

[その他]

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 新 (KANEKO ARATA)
広島大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：10038101

(2) 研究分担者

陸田 秀実 (MUTSUDA HIDEMI)
広島大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：80273126

駒井 克昭 (KOMAI KATSUAKI)
広島大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：90314731

(3) 連携研究者

()