

マレーシアにおける潮汐観測と潮汐現象

豊嶋 茂：第四管区海上保安本部水路部

Tidal Observation and Phenomena in Malaysia

Shigeru Toyoshima : Hydro. Dept., 4th R. M. S. Hqs

1. はじめに

マレーシア国土開発省測量地図局 (Department of Survey and Mapping, Ministry of Land and Cooperative Development, Malaysia. 以下「測量地図局」と称す) は、標高の基準となる国家水準原点を設立するため、同原点の基準面となる平均海面の再決定、同国周辺海域の潮汐現象の把握等を目的として1980年潮汐プロジェクトを発足させた。しかしながら、測量地図局では潮汐に関する知識・経験の不足を憂慮し日本国政府に潮汐専門家の派遣を要請した。我が国はこれに応え、JICA (国際協力事業団) を通し技術協力を実施することを決め、海上保安庁水路部職員を専門家として派遣することとした。

技術協力は、1981年8月以降13年間にわたり6名

の専門家による継続的な技術支援が行われ、験潮ネットワークの構築、平均海面の決定、人材育成等当初の目的が概ね達成されたので1995年1月を以って終了した。

以上のような技術協力を踏まえ、測量地図局における潮汐観測の現状、マレー半島周辺海域の潮汐現象及び平均海面変動について記述する。

2. 験潮ネットワーク

マレーシア国はマレー半島南部の西マレーシアとカリマンタン (ボルネオ) 島北東部の東マレーシアからなっている。西マレーシアでは1983年から1986年にかけて100~200km間隔若しくは潮汐現象の変化が大きい地域に計12ヶ所の験潮所が建設された。一方、東マレーシアにおいては、1988~1994年にかけて5験潮所が建設され、1995年内にさらに4験潮所



第1図 験潮所位置図

の建設が計画されている。最終的には21ヶ所の験潮所が稼働し験潮ネットワークが完成する。第1図に験潮所の配置を示す。

マレーシアの南シナ海海域は、半日周潮型潮汐と日周潮型潮汐が混在する複雑な海域であり、また、マラッカ海峡は浅く狭窄した海域で潮時差も大きいことから、これだけのネットワークが要求された。

3. 験潮所と験潮器

験潮所の多くは第2図のような構造となっている。直径70cm、厚さ20mmの鋼管を海底下ベッドロックまで打込み験潮井戸として使用し、その上部に験潮家屋が構築されている。鋼管下部の2ヶ所に径25mmの導水孔が設けられ、その孔に通されたチェーンを定期的に動かし貝や海藻の付着による導水孔の閉塞を防止している。

副標は円柱のアルミニウム製でほぼ2m毎に分割されており、副標観測時にはねじ込み式になっているこれらを連結し使用する。観測時以外は貝、海藻、油幕等の付着を避けるため験潮所内に保管されている。

験潮器は、協和商工社製のLTT-3AD型及びDFT-1型の2機種が採用されている。これらはいずれも同社製のLFT-V型のフロート機構を用い、フロートの上下動をA/D変換器によってデジタル変換し、前器はCMT(カセットテープ)に、後器

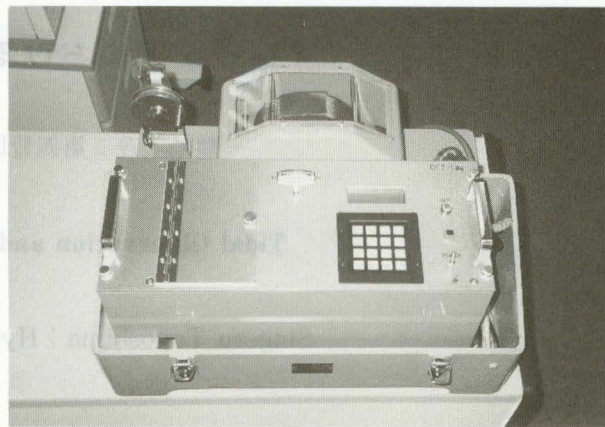
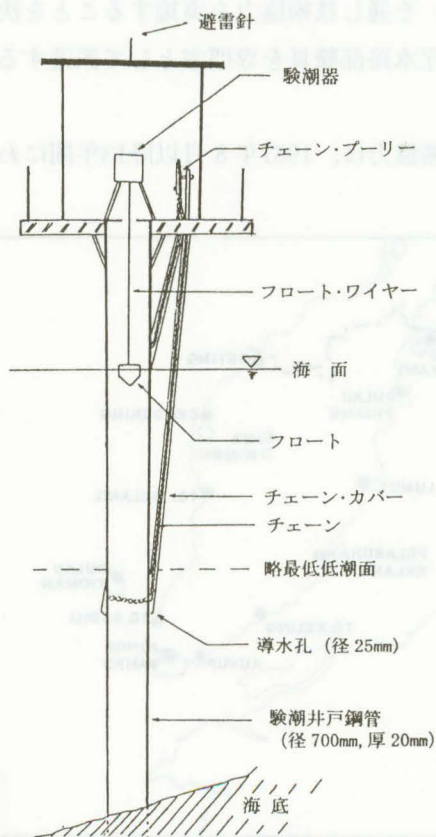


写真2 DFT-1型験潮器

はICM(ICメモリーカセット)に収録するもので、記録用紙は一切使用していない。入力される潮位データは、10秒毎に計測された5個の値の平均値、即ち50秒間の平均値である。駆動電源は12V15AH密閉型バッテリーを使用し約40日間の連続観測が可能である。LTT-3AD型験潮器は既に製造が中止されており、また、初期に導入されたものは既に10年を経過し故障頻度も高くなっているため、DFT-1型への更新が進められている。



写真1 Pulau Pinang 験潮所



第2図 験潮所の構造

4. 験潮所の保守管理

測量地図局の潮汐担当職員 2～3 名が約40日毎に験潮所に向向き、以下の作業を実施している。

- (1) CMT 或は ICM の交換
- (2) バッテリーの交換
- (3) 基準測定 (観測基準面のチェック)
- (4) 副標観測 (100分間)
- (5) 導水孔の清掃
- (6) 験潮所内外の点検及び清掃

また、験潮所付近の BM (ベンチマーク)、験潮所内の球分体、験潮器錘測基点間の水準測量も半年毎に行っている。

5. データ処理

潮位データを収録した各験潮所の CMT 或は ICM は測量地図局、サバ及びサラワク州事務所の 3 箇所に集められ一元的に処理される。主な処理内容は以下のとおりである。

(1) データ転送

CMT 或は ICM 収録データをパソコンの磁気媒体へ転送する。

(2) データチェック

同時期の測得潮高曲線、推算潮高曲線及び両者の差をプロットで描き、測得値の良否を判断する。これは験潮器がペーパーレス・タイプであることから不可欠なチェック作業である。

(3) 毎時値の抽出、欠測データの補間

(4) 潮汐月表等の作成

(5) 平均値等各種統計値の算出

(6) 潮汐調和分解、推算

(7) 各種マスターファイルの作成

毎時潮高、潮汐調和定数等の永久保存ファイルを作成する。

以上の処理は、測得データの良否判定、修正データ値及び欠測期間の補間値の算出を除きすべてコンピュータ化されている。パソコンは日本から持ち込まれた NEC 社の PC-8801、PC-9801 を使用してきたが、故障時の修理や消耗品の補充等が現地では困難なため、最近では IBM コンパティブル型パソコン

への移行が図られている。

6. 潮汐情報の提供

1985年から潮汐観測報告を、1986年から潮汐表を毎年刊行し、関係機関、研究者等へ無償で配布している。また、TOGA 潮位センター(ハワイ)、世界潮汐調和定数バンク(カナダ)等の国際機関へも種々のデータを送付している。

一般ユーザーからのリクエストに対しては、コピー代と若干の手数料を徴収し提供している。

7. マレー半島周辺海域の潮汐特性

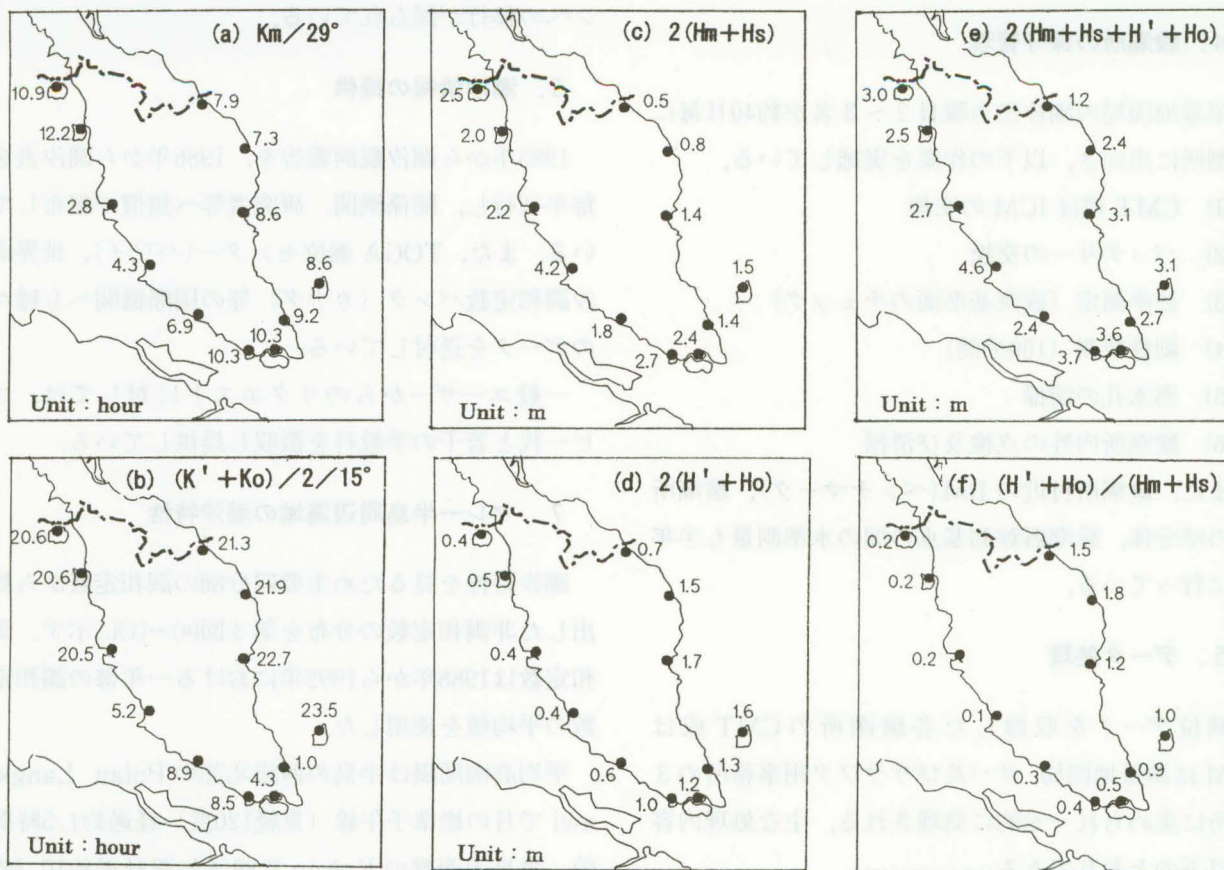
潮汐特性を見るため主要四分潮の調和定数から算出した非調和定数の分布を第3図(a)～(f)に示す。調和定数は1988年から1992年における一年毎の調和定数の平均値を使用した。

平均高潮間隔は半島の西岸北部の Pulau Langkawi で月の標準子午線(東経120度)経過約1.5時間前、半島南西端の Kukup で同子午線経過後10.3時間となっている。一方半島東岸の南シナ海側では約7～9時間で西岸に比べ潮時差は小さい。半日周潮の峰は、インド洋及び南シナ海からマラッカ海峡、シンガポール海峡に進行し、両者は標準子午線経過約10.3時間後にシンガポール海峡西端付近で会合している。また、日周潮も半日周潮とほぼ同様な傾向を示している。(第3図(a)及び(b)参照)

大潮差は、半島の西岸では約2～4 mで東岸の0.5～1.5 mに比べ大きい。特に、西岸中央部の Pelabuhan Kelang では半島最大の4.2 mを示し、東岸北部の Geting では0.5 mと最も小さい。回帰潮の日周潮差は大潮差とは逆に西岸で0.4～1.0 mと小さく、東岸で0.7～1.7 mと大きい。(第3図(c)及び(d)参照)

予想される年間最大潮差は場所によってかなり異なっている。Pelabuhan Kekang で最も大きくその潮差は4.6 mに達するが、Geting では最も小さく1.2 mにすぎない。(第3図(e)参照)

日周潮と半日周潮の振幅の比は、半島の西岸では0.5以下と小さく半日周潮型潮汐を示すが、東岸ではその比は0.9～1.8で日周潮と半日周潮の混合型潮汐



第3図 非調和定数分布

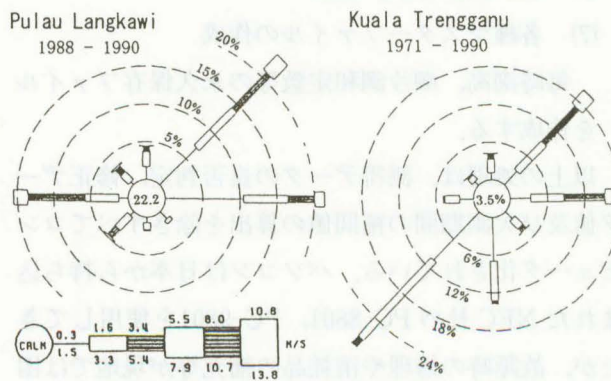
となっている。(第3図(f)参照)

8. 平均海面変動

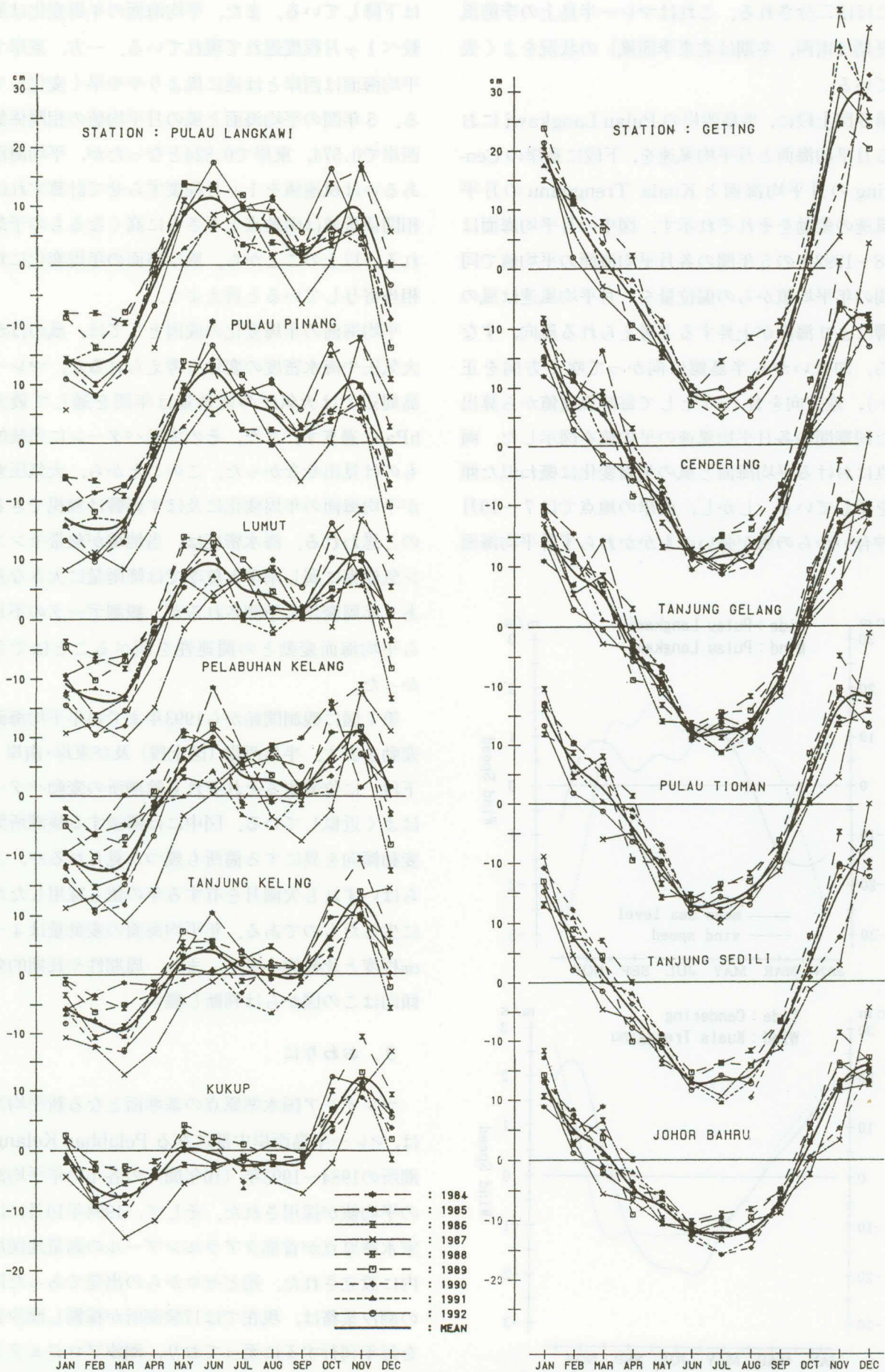
第4図は験潮所稼働後から1992年までの各年の月平均海面値及びそれらの平均値の永年平均値からの偏位量を図示したものである。図左側にマレー半島西岸, 右側に東岸・南岸のそれぞれ6験潮所の変動を北から南に順に表す。

平均海面の年周変化は, 西岸と東岸ではその様相を異にし, 西岸では月平均海面は1~4月に低く5~11月にかけて高い。そして月平均水面が高い期間中の5~6月と11月に頂が, 9月に底が出現している。二つある頂は, 北部では5~6月の方が11月のもより高いが, 南方へ下がるに従いその傾向は逆転する。月平均水面の年間差は20~40cmで北部ほど大きい。一方, 東岸・南岸の変動パターンは単純で, 4~9月に低く11~2月に高くなっており, 西岸とほぼ逆のパターンを示している。年間の差は約30~60cmにも達し, 北部ほど大きい。

次に, 潮位と風の観測地が近くそれぞれ長期の連続データが測得されている地点を半島の西岸及び東岸から一地点ずつ選出し, 平均海面の年周変化と風との関連性を調べた。第5図に西岸北部の Pulau Langkawi と東岸北部寄りの Kuala Trengganu (観測地点は第1図参照) における毎時風向風速の分布を示す。両地点ともほぼ同様な分布状況を示し, Pulau Langkawi では北東~東及び西からの, Kuala Trengganu では北東~東及び南西からの風



第5図 風向頻度分布



第4図 月平均海面の変動

向にほぼ二分される。これはマレー半島上の季節風（夏期は南西、冬期は北東季節風）の状況をよく表している。

第6図上段に、半島西岸の Pulau Langkawi における月平均海面と月平均風速を、下段に東岸の Cendering の月平均海面と Kuala Trengganu の月平均風速の変動をそれぞれ示す。図中の月平均海面は1988~1992年の5年間の各月平均海面の平均値で同期間の年平均値からの偏位量を、月平均風速は風の影響により海面が上昇すると考えられる風向、すなわち、沖合いから半島側に向かって吹く方向を正(+), 逆方向を負(-)として毎時風速値から算出した同期間の各月平均風速の平均値を図示した。両地点における平均海面と風の年周変化は概ね似た傾向を示している。しかし、西岸の地点では7~10月は沖合いからの風が強いにもかかわらず月平均海面

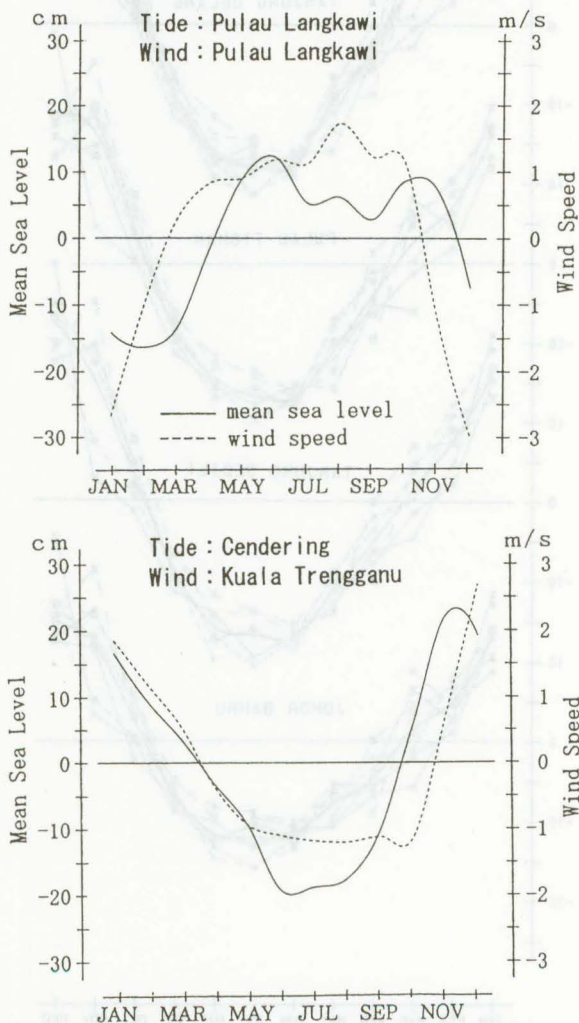
は下降している。また、平均海面の年周変化は風に較べ1ヶ月程度遅れて現れている。一方、東岸では平均海面は西岸とは逆に風よりやや早く変化している。5年間の平均海面と風の月平均値の相関係数は西岸で0.574, 東岸で0.824となったが、平均海面値あるいは風速値を1ヶ月程度ずらせて計算すれば、相関係数値は両地点ともさらに高くなるもの予想される。以上のことから、風は海面の年周変化に対し相当寄与していると言えよう。

平均海面の年周変化の成因としては、風のほかに大気圧や海水密度の変化も考えられるが、マレー半島周辺では大気圧の変動量は年間を通して最大8hPaに過ぎず、また、その変動パターンに系統的なものは見出せなかった。このことから、大気圧変動が平均海面の年周変化に及ぼす影響は無視できるものと思われる。海水密度は、当地域が熱帯モンスーン気候帯に属し雨季と乾季では降雨量に大きな差があり年周変化も予測されるが、観測データの不足から平均海面変動との関連性を調べることはできなかった。

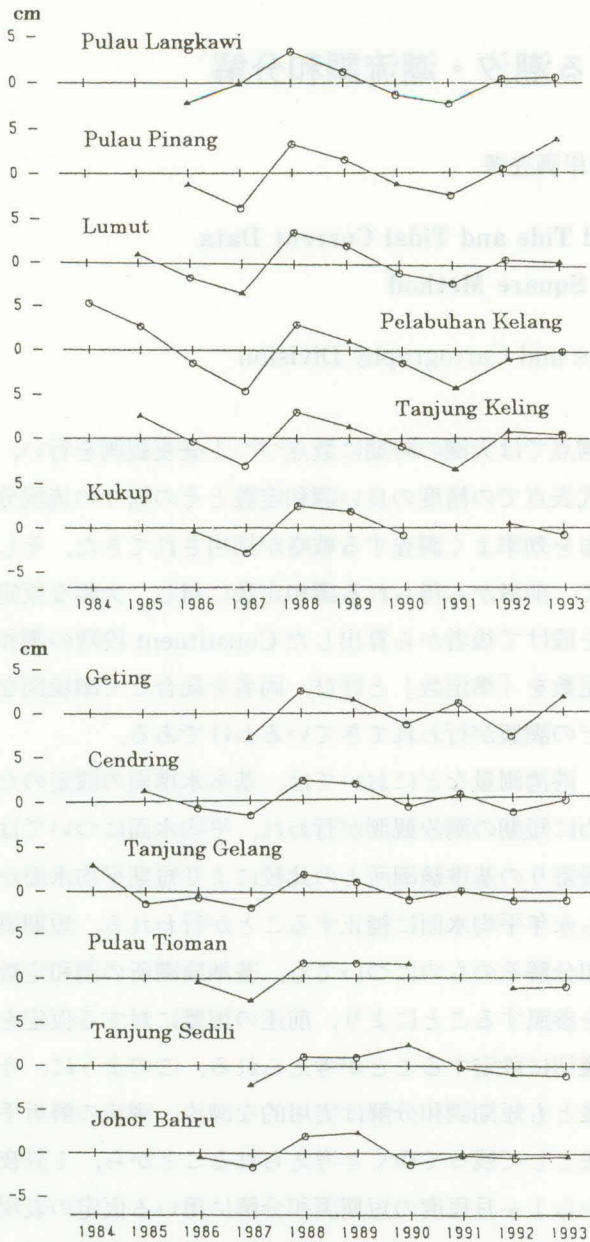
第7図に観測開始から1993年までの年平均海面の変動を表す。半島西岸(図上段)及び東岸・南岸(図下段)に位置するそれぞれ6観潮所の変動パターンはよく近似している。図中には隣接する観潮所間で変動傾向を異にする箇所も幾つか見られるが、これらはいずれも欠測月を有する年の値も採用したために生じたものである。年平均海面の変動量は4~10cm程度と比較的小さく、また、周期性や長期的変動傾向はこの図からは判断し難い。

9. おわりに

マレーシア国水準原点の基準面となる新平均海面は、マレー半島西岸中部に在る Pelabhan Kelang 観潮所の1984~1993年(10年間)の各年の年平均海面の平均値が採用された。そして、1994年10月には国家水準原点が首都クアラルンプールの測量地図局構内に設立された。殆どゼロからの出発であった同局の潮汐業務は、現在では17観潮所が稼働し潮汐表等を毎年刊行するに至っており、潮汐プロジェクトに対する技術協力は不成功であったと言えよう。



第6図 月平均海面と月平均風速の変動



△ : 10 或は 11 箇の月平均海面値による。

第 7 図 年平均海面の変動

しかしながら、マレー半島西岸の年周変動の解明、東マレーシア周辺の潮汐特性の把握等残された課題も多々あり、これらの解明にはマレーシア国を含めた周辺諸国の潮汐、水温、塩分等の観測網の整備拡充が必要であろう。同国の潮汐プロジェクトへの技術協力は終了したものの技術移転が完全に達成できたとは言い難く、同国或は周辺諸国からの技術協力の要請があった場合には積極的な対応が必要と思われる。