

## 話 題

## 加速器が感じる大地の動き

末武 聖明\*

## Movement of Ground is Sensed by a Accelerator

Masaaki SUETAKE\*

加速器は素粒子実験の道具でもあるが、加速器自身が大地の振動検出器にもなるということをご存知だろうか。直接大地を揺るがす地震はもとより、大気圧による大地の揺らぎ、潮汐力による揺らぎまで観測される。

## 1. 加速器のエネルギー変動

KEKB 加速器 (KEKB ファクトリー) の場合、ビームの位置は約 450 個のボタン電極 (BPM) により常時観測されている。ビームの位置とその場所のディスページョンの内積をとると、リング全体のエネルギー

が求められる。その変化 ( $dp/p_0$ ) を時間を追って表示したのが図 1 の上から 2 番目のグラフである。その内、速い成分 (周期 1-2 分程度) は  $dp/p_0$  で  $5 \times 10^{-6}$  程度の変動が常時観測されている。KEKB では、このエネルギー変動を、RF 周波数を変えて約 20 秒に 1 回周長補正することにより一定に保っている。図 1 の 4 番目のグラフがその補正量で 15-20 Hz である。これは、全長 3000 m の KEBK 加速器では、周長換算で 90-120 ミクロン程度補正していることになる。この  $dp/p_0$  およびその補正の RF 周波数などを見ていると、加速器のいろいろな変動を観測することが出来る。

## 2. 地 震

図 2 は、2005 年 3 月 29 日に、KEK から 6000 km 離れたスマトラ地震 (M 8.7) が発生した時の、ビーム軌道の理想軌道からのずれ、 $dp/p_0$  および周長変化などを示している。人間にはまったく感じなかった

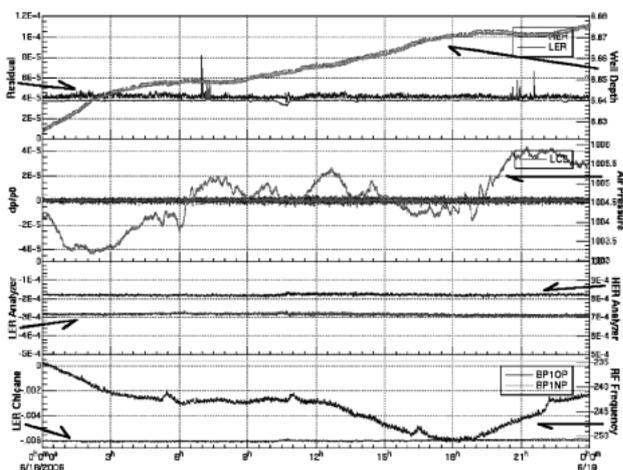


図 1 1 段目 基準軌道からのずれ (Residual) と井戸の水位 (Well Depth).  
2 段目 エネルギー変動 ( $dp/p_0$ ) と大気圧 (Air Pressure).  
3 段目 エネルギーアナライザー値 (HER/LER Analyzer).  
4 段目 RF 周波数 (RF Frequency) とシケイン電流 (LER Chicane)

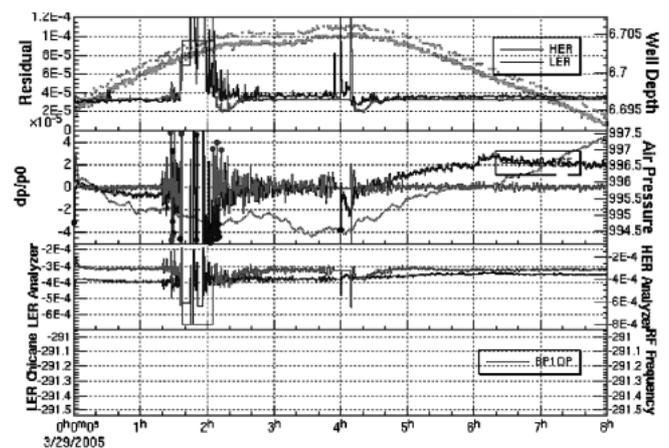


図 2 スマトラ地震発生時

\* 高エネルギー加速器研究機構  
(E-mail: suetake@post.kek.jp)

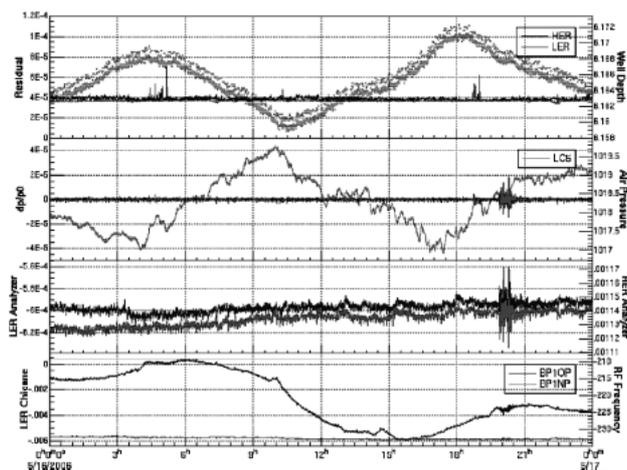


図3 ニュージーランド地震発生時

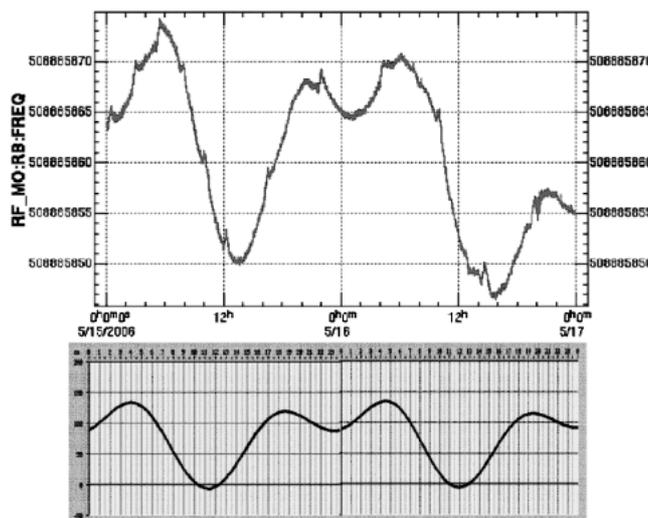


図5 周長変動 (RF\_MO:RB-FREQ) と銚子での潮の満ち引き

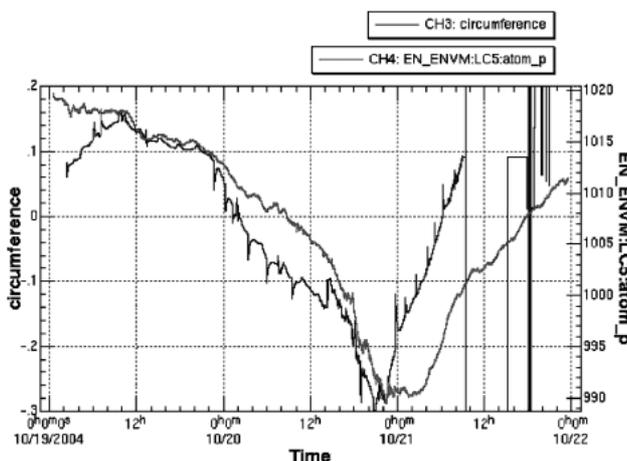


図4 台風による気圧変動 (EN\_ENVM:LC5:atom\_p) と周長変化 (circumference)

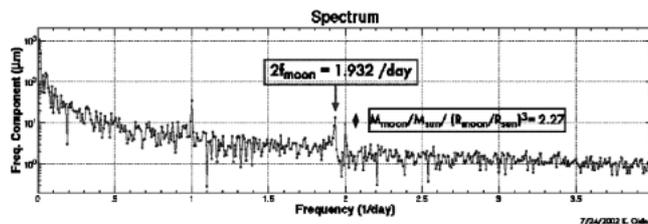


図6 生出氏による周長変動の周波数成分

が、加速器では  $dp/p_0$  にて最大振幅  $1.5 \times 10^{-4}$  が観測され、しかも揺れが数時間持続しているのがわかる。つまり地球を何周もしていることが広帯域地震計を使わなくとも、加速器の状態から観測された。図3は、2006年5月16日に、8000 km離れたニュージーランド地震 (M7.5) 発生時の例で、大きな地震なら (M7クラス) なら地球上どこで起こっても観測することが出来る。

### 3. 台風

図4は2004年10月20日の台風 (990 hPa) の通過時の  $dp/p_0$  および周長変化を示したものである。25 hPaで周長が450ミクロン減少しているのがわかる。KEKBリングを支えている大地を一体のものとして、変化率をヤング率で表すと20 GPaとなる。大気圧の変化にも敏感に反応している。

### 4. 潮汐力

図5は2006年5月15日の銚子港の潮の満ち引きと加速器の周長変化 (= RF周波数の補正値) を示した。傾向がよく一致しているのがわかる。これからヤング率を推定すると22 GPaで、大気圧から得られた20 GPaとよく合っている。図6は2002年3月から6月の4ヶ月間の周長変化の周波数分布を生出氏が示した。当然ではあるが、月による潮汐の周期とよく合っている。また太陽と月による潮汐力の強さの比が計算値とぴったり一致している。

### 5. 大潮、小潮

図7のRF周波数補正值 (4段目) を見ると約5時間おきに2 Hz程度の三角形のとんがり観測される。この原因はまだ明らかにされていないが常時観測されている。2 Hzといえば周長換算で10  $\mu\text{m}$  程度の変化で、運転上はまったく問題はないが、原因を特定したいとは常々思っている。しかしこのお陰で別のものもグラフから読み取れる。図8のRF周波数補正值

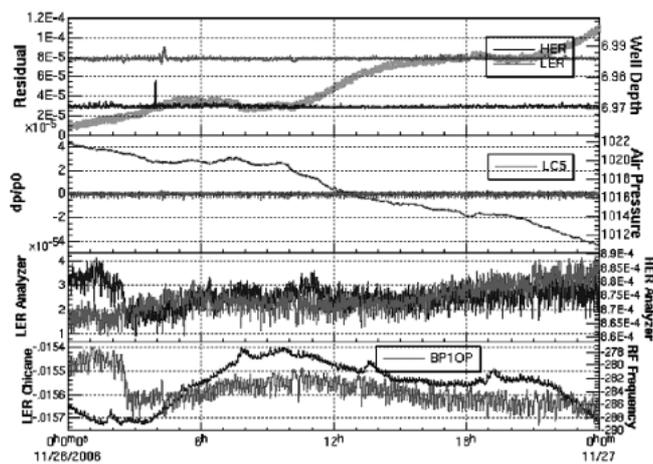


図7 小潮時

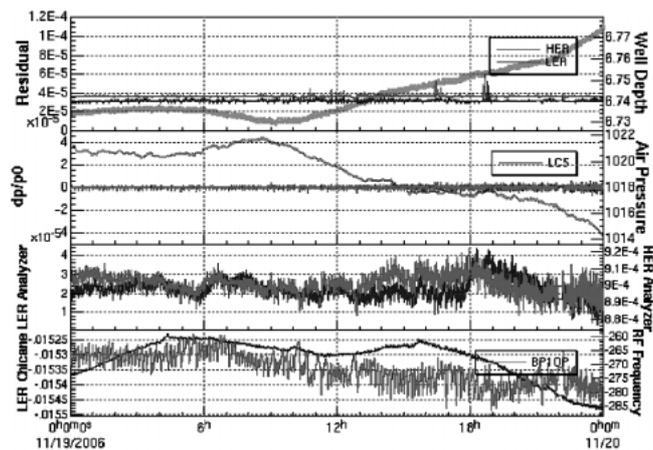


図8 大潮時

を見てもらいたい。図7と違って例の三角形が小さくなっているのがわかる。よく見ると、何のことはなくただ縦軸がオートスケールのために2 Hzが小さく見えるだけのことである。なぜ全体の変化が大きくなったかという、大潮のため潮汐力が目立っているから

である。逆に言うと、この三角形が大きく見える時が小潮で、あまり目立たない時が大潮である。

いつも加速器だけに没頭していても、外界の動きは見てとれるのである。