

# GEONETリアルタイムデータを用いた 電離圏擾乱のリアルタイムモニタリング

\*<sup>1</sup>齋藤 享、<sup>1</sup>吉原 貴之、<sup>2</sup>山本 衛

<sup>1</sup>電子航法研究所

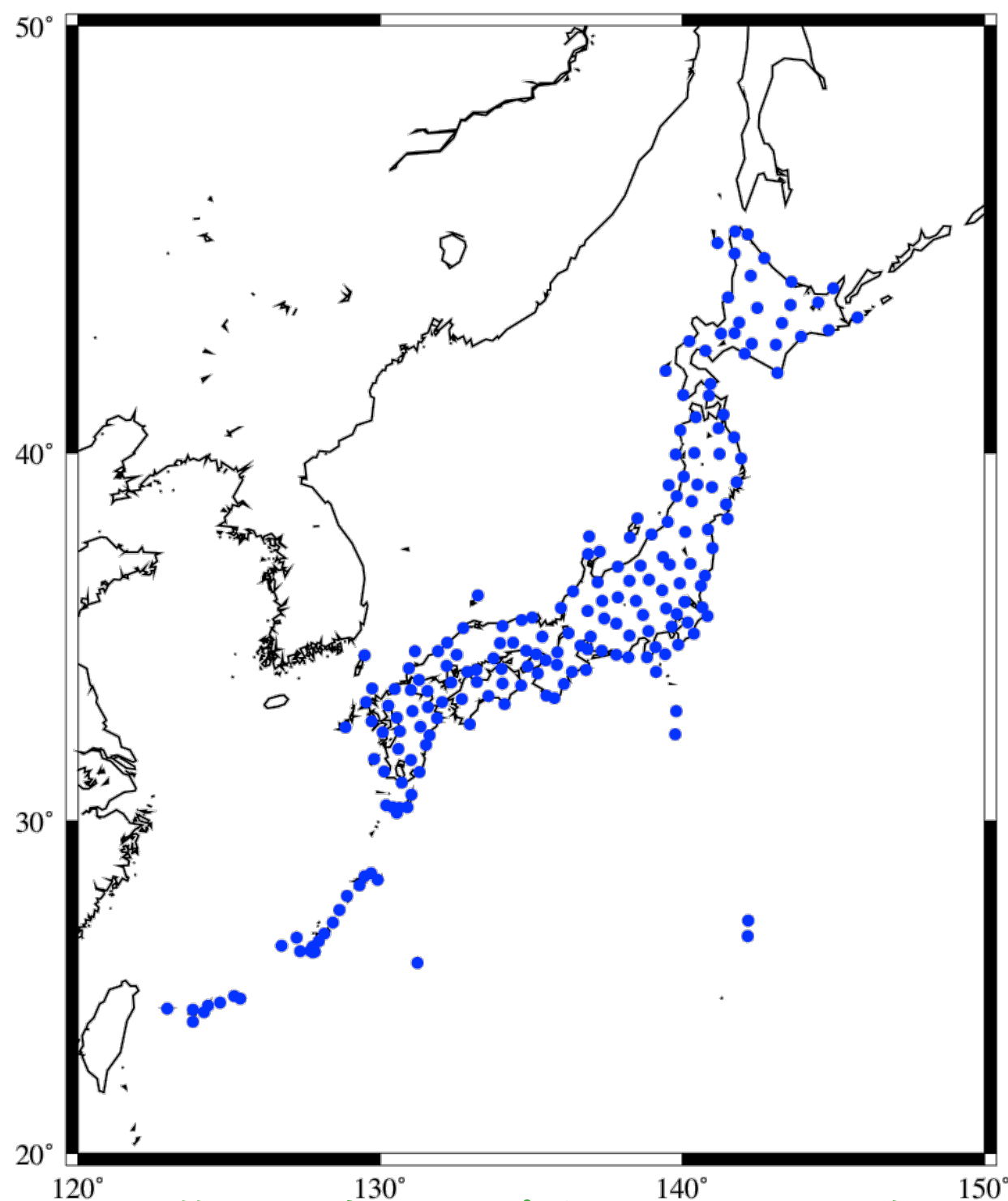
<sup>2</sup>京都大学生存圏研究所

## 目的

- \* ロケット打ち上げのgo/nogo判断のため、MSTID発生をリアルタイムでモニタするシステムを開発する
  - GEONETデータのリアルタイム収集
  - TEC/TEC変動のリアルタイム解析
  - TEC変動マップの作成
  - ロケット射場へのMSTID発生情報のリアルタイム提供
- \* ロケット打ち上げ前後の電離圏の時間・空間変動を観測する

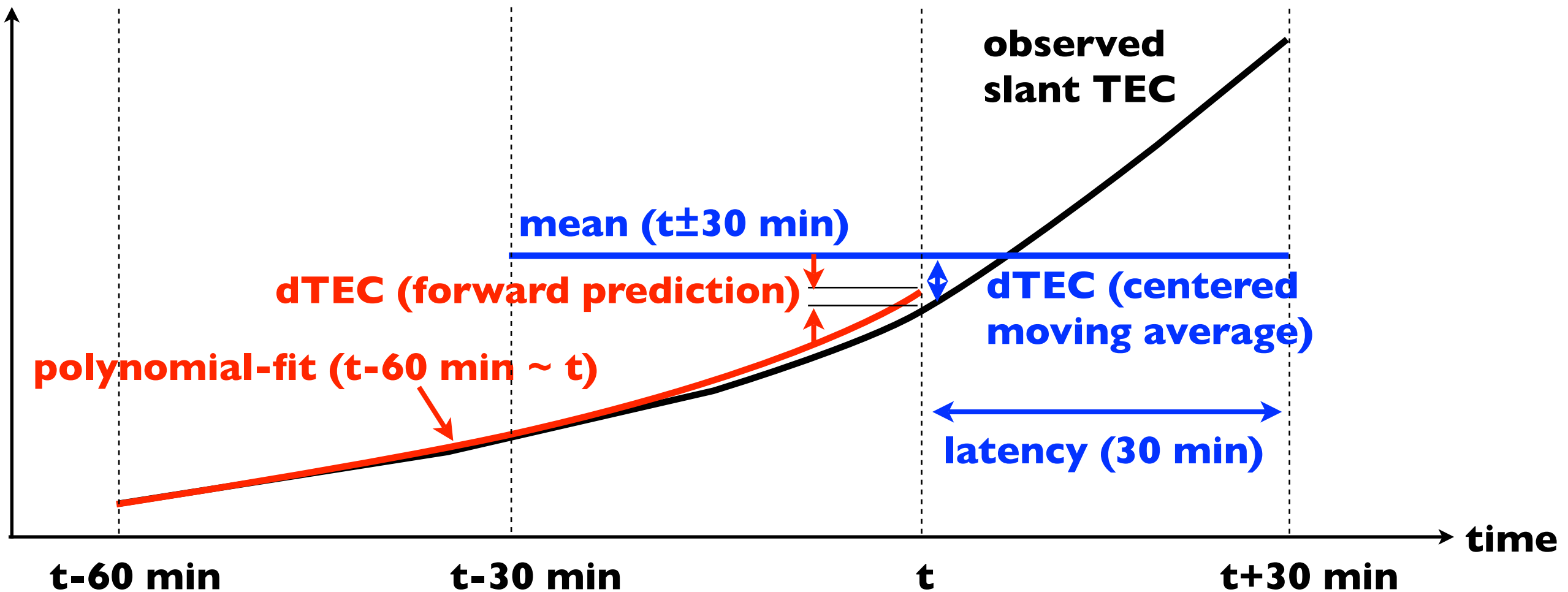
- \* GEONET: 国土地理院が展開する電子基準点網
- \* 約1200の観測点のうち、200点の1Hzリアルタイムデータを電子航法研究所で収集
- \* 200点の選定方針
  - 日本全土をカバーする
  - 南西諸島はできる限り全て収集（プラズマバブル対応）
- \* データ配信サーバから専用回線で配信→ほぼ時間遅れなし

## 電子航法研究所がリアルタイムデータ収集するGEONET観測点



# 全電子数(TEC)変動のリアルタイム導出法

slant TEC



## \* 一般的な方法

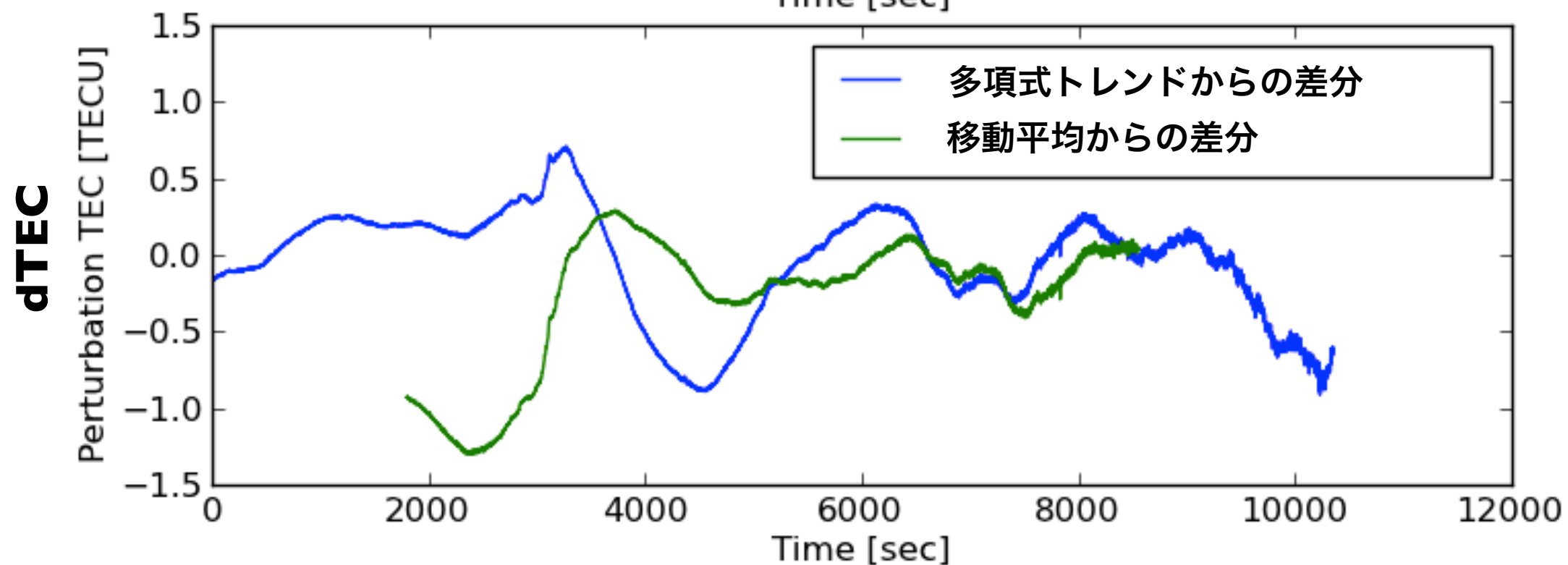
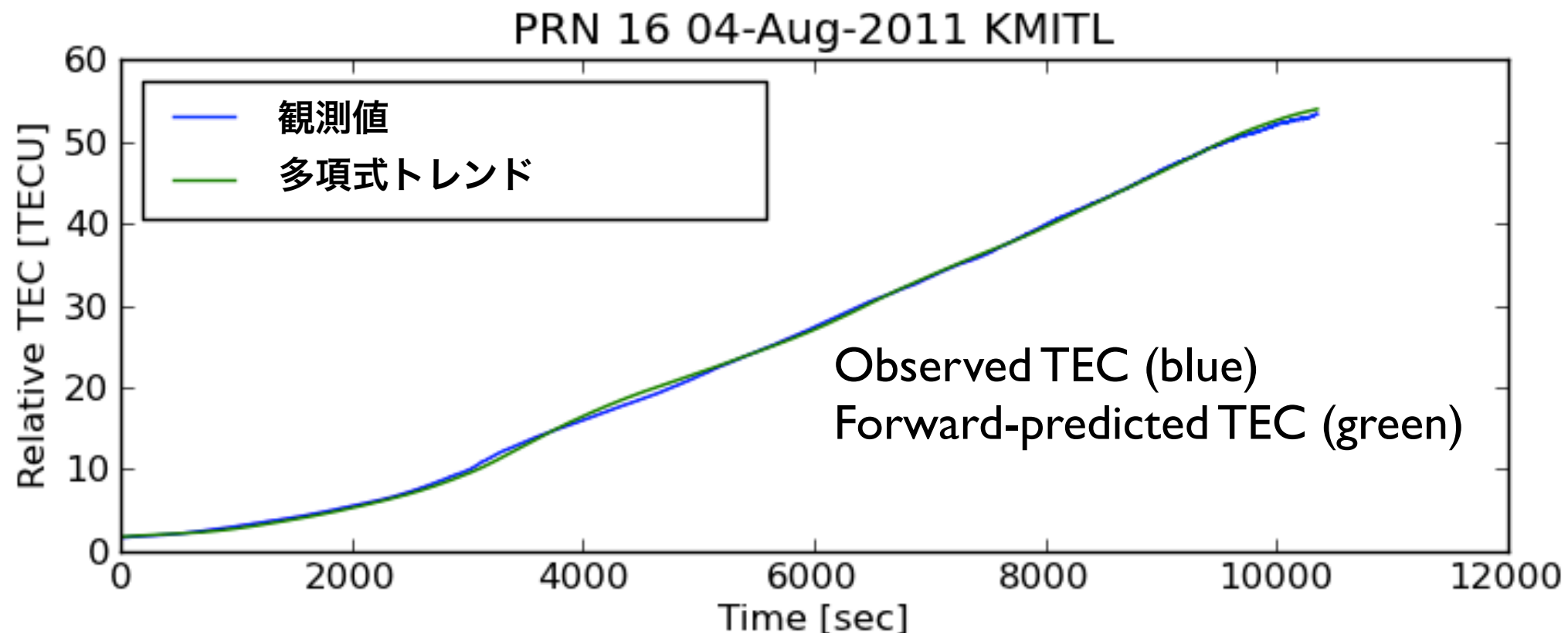
- 前後30分の平均からの差分を変動分とする
- 最低30分の時間遅れ

## \* リアルタイム用

- 過去1時間のトレンドからの差分を変動分とする
- 時間遅れは計算時間のみ

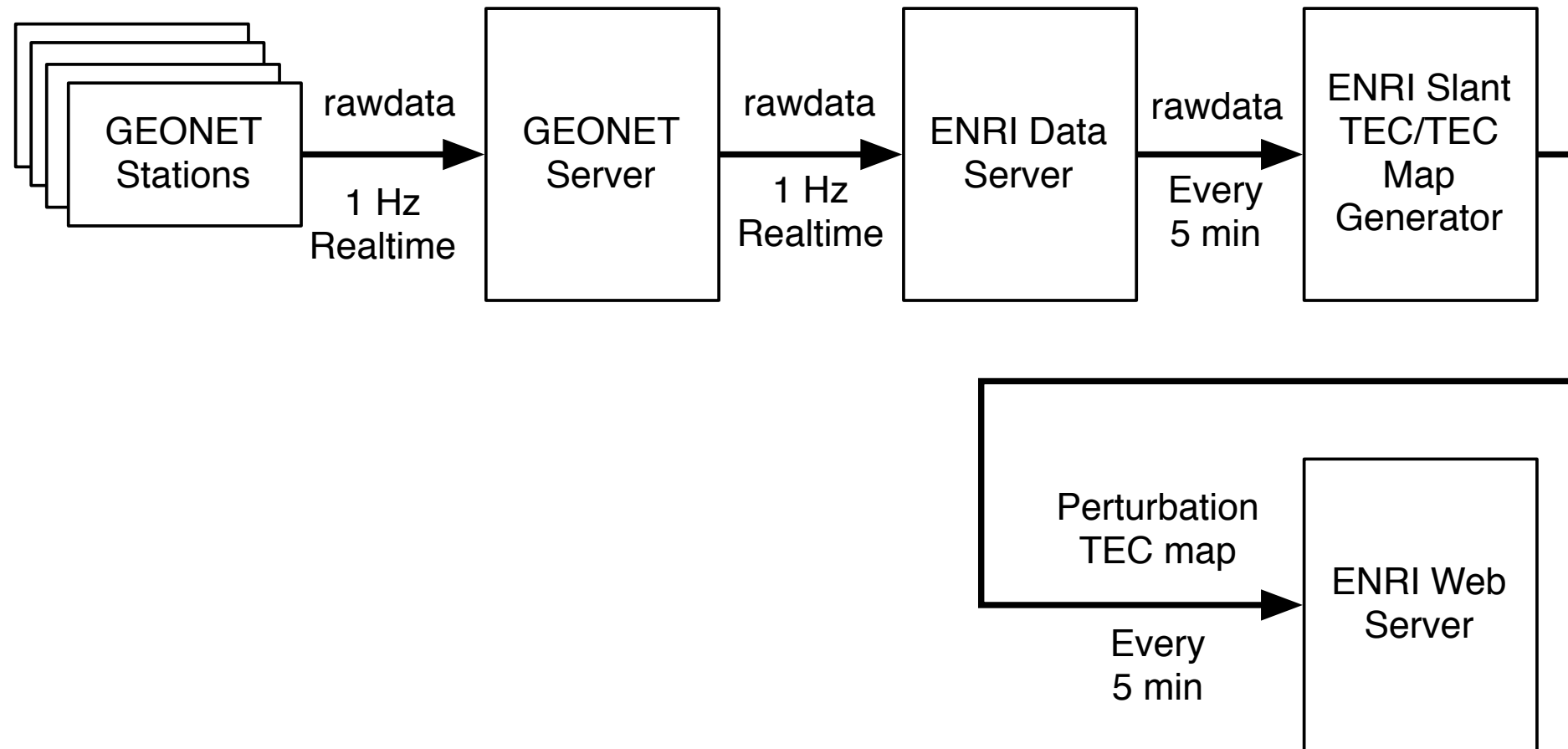
# 多項式トレンド除去によるTEC変動導出

Slant TEC  
(with rx/sat biases)



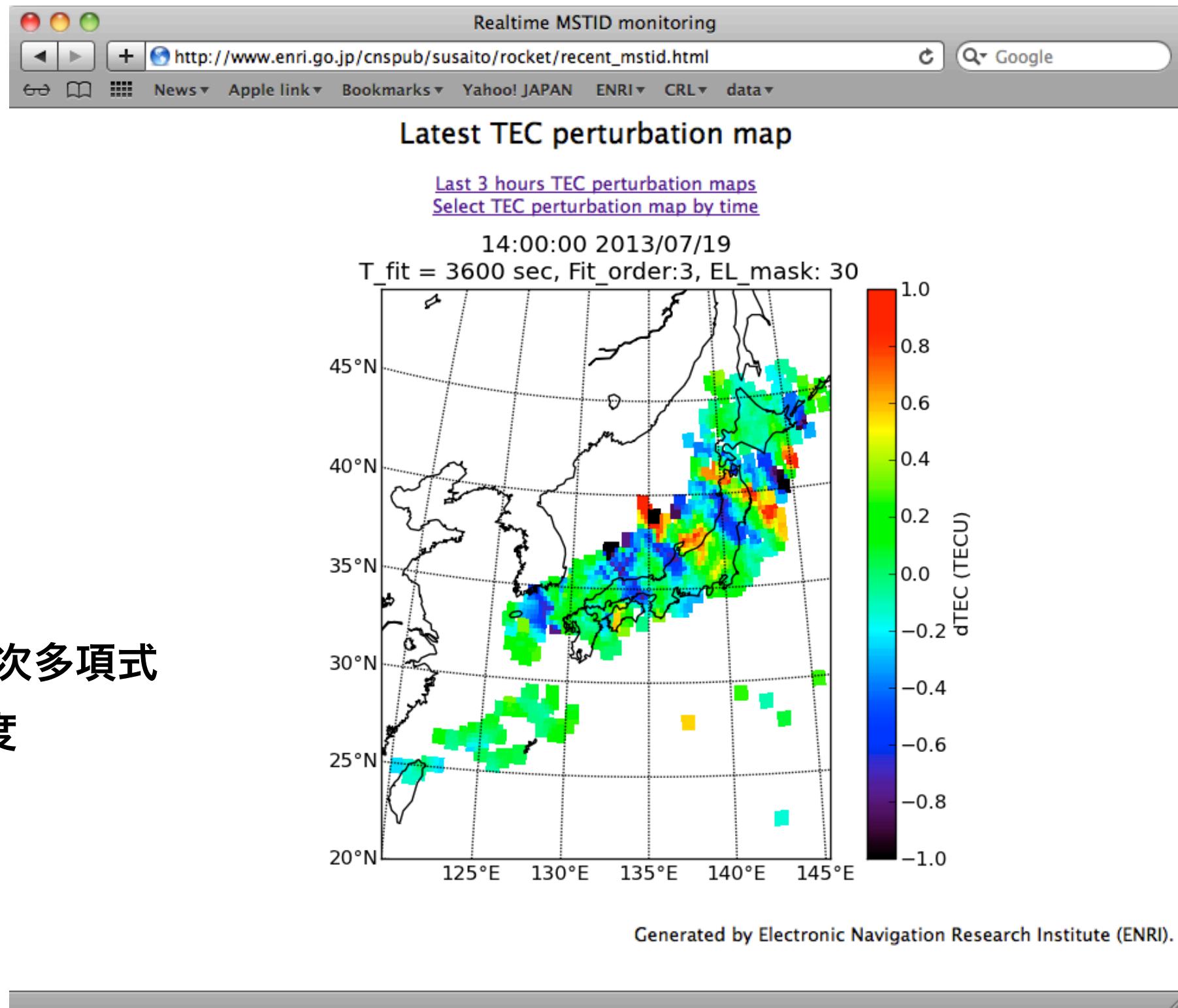
- \* 2つの手法の変動パターンは、一部差はあるもののよく似ている
- ➡ 変動の検出には十分

# 全電子数変動リアルタイム解析システム



- \* GEONETリアルタイムデータはデータ配信サーバから専用回線で配信(1Hz)
- \* TEC変動成分導出アルゴリズムの改良、ソフトウェアの効率化で時間遅れ2分以内でTEC変動マップを公開

# リアルタイムデータ提供



トレンド除去：3次多項式  
 仰角マスク：30度

- \* Webサーバを通じて公開（現在も公開中）
  - [http://www.enri.go.jp/cnspub/susaito/rocket/recent\\_mstid.html](http://www.enri.go.jp/cnspub/susaito/rocket/recent_mstid.html)

第28回大気圏シンポジウム, ISAS, 2014年12月9日

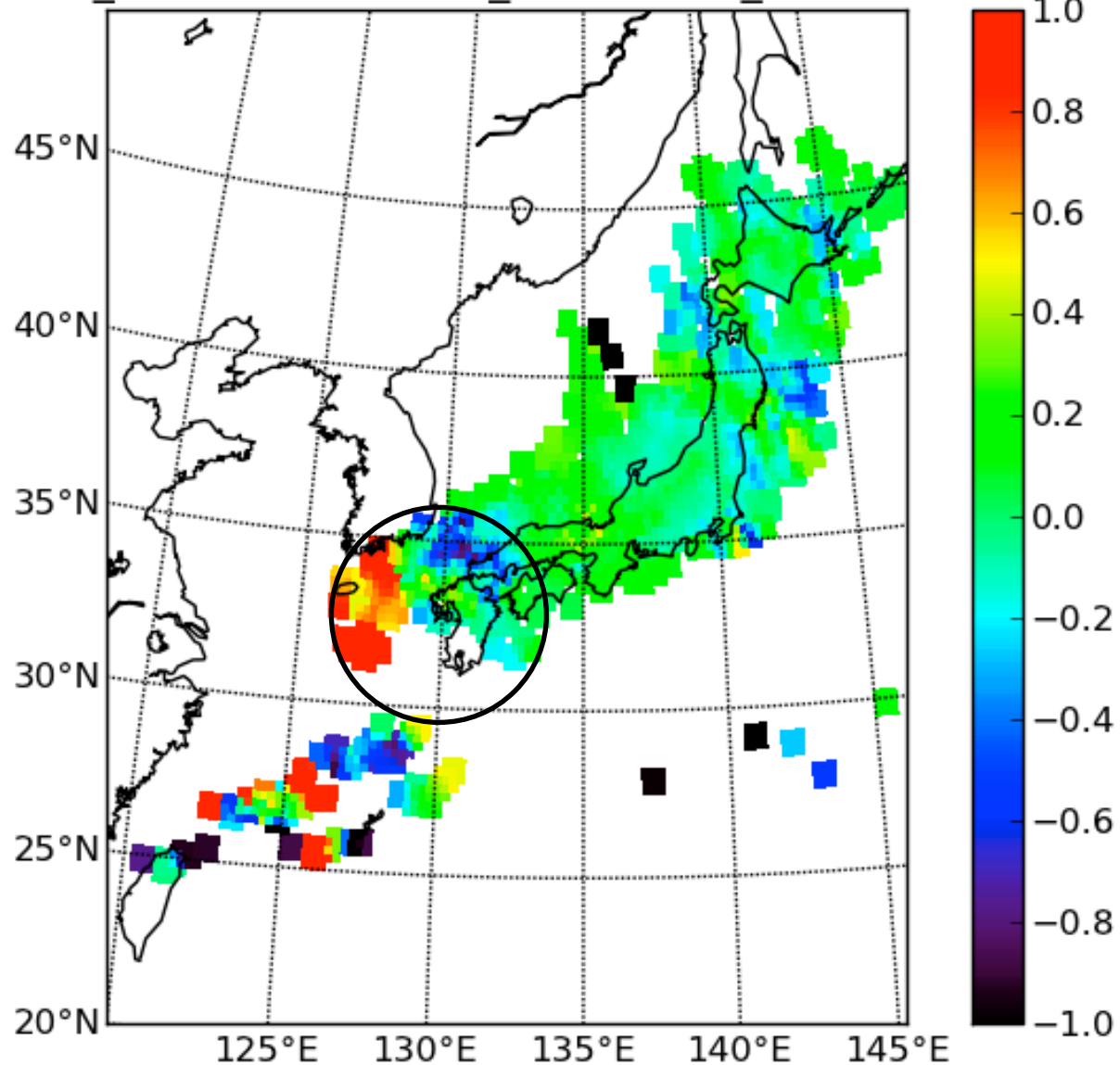


# ロケット打ち上げ時のTEC変動 (2013年7月20日)

**X1 (14:00 UT)**

14:00:00 2013/07/20

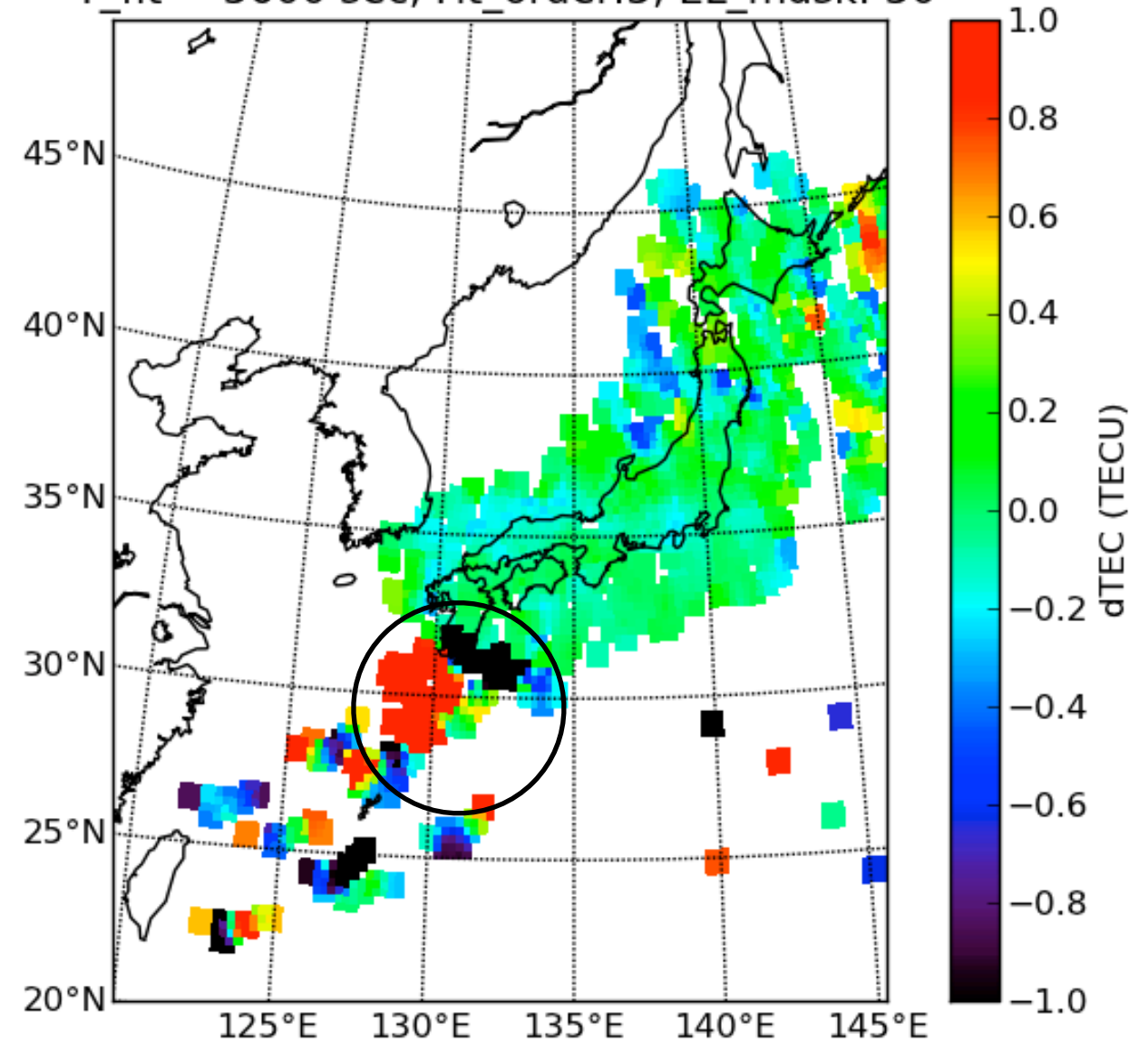
T\_fit = 3600 sec, Fit\_order:3, EL\_mask: 30



**X2 (15:00 UT)**

15:00:00 2013/07/20

T\_fit = 3600 sec, Fit\_order:3, EL\_mask: 30

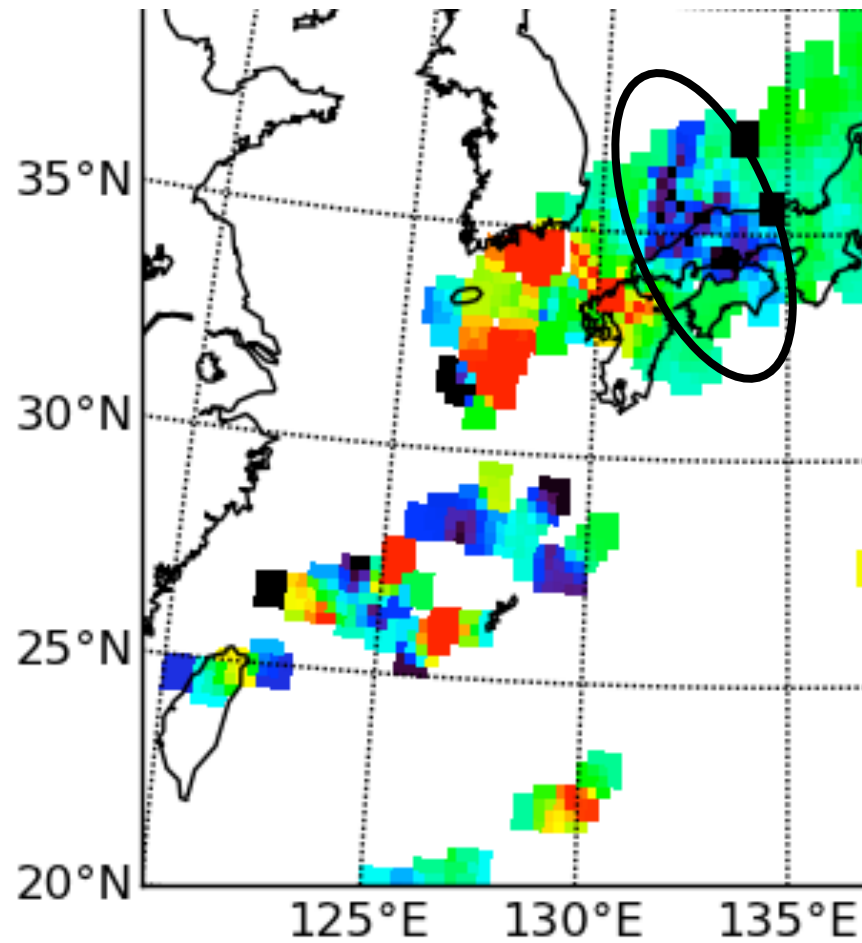


- \* ロケット打ち上げ時(X1, X2)に九州周辺でTEC変動あり
- \* TEC変動発生時のロケット打ち上げに成功

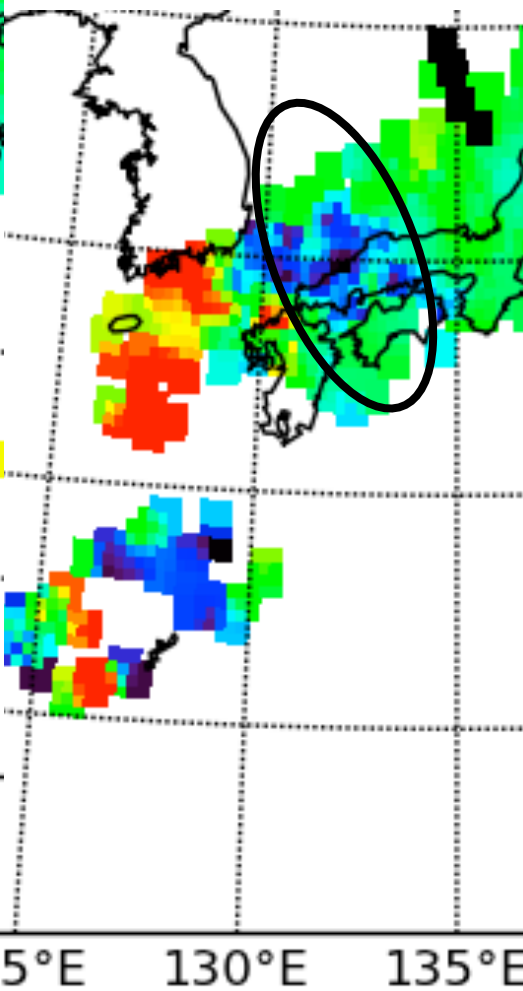


# 高速で伝搬する擾乱(XI前後)

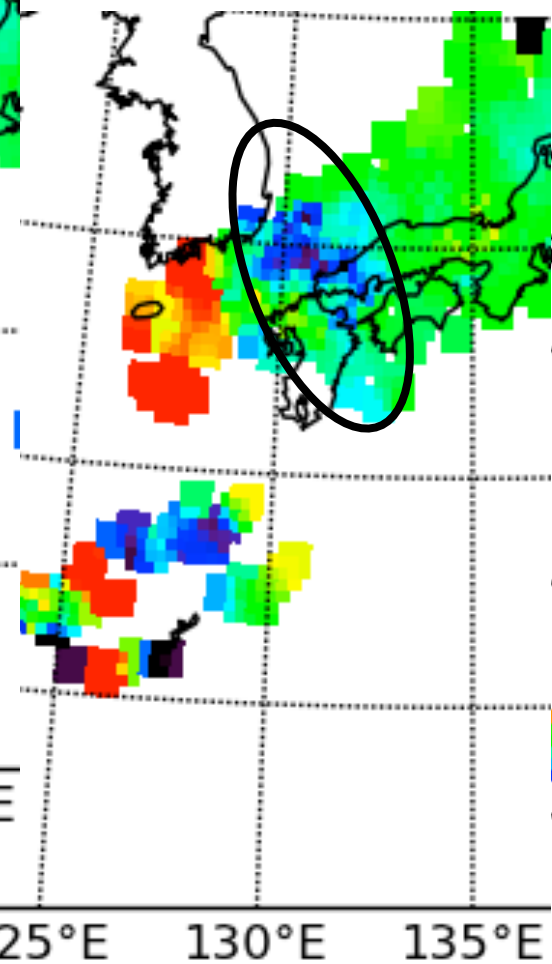
13:50 UT



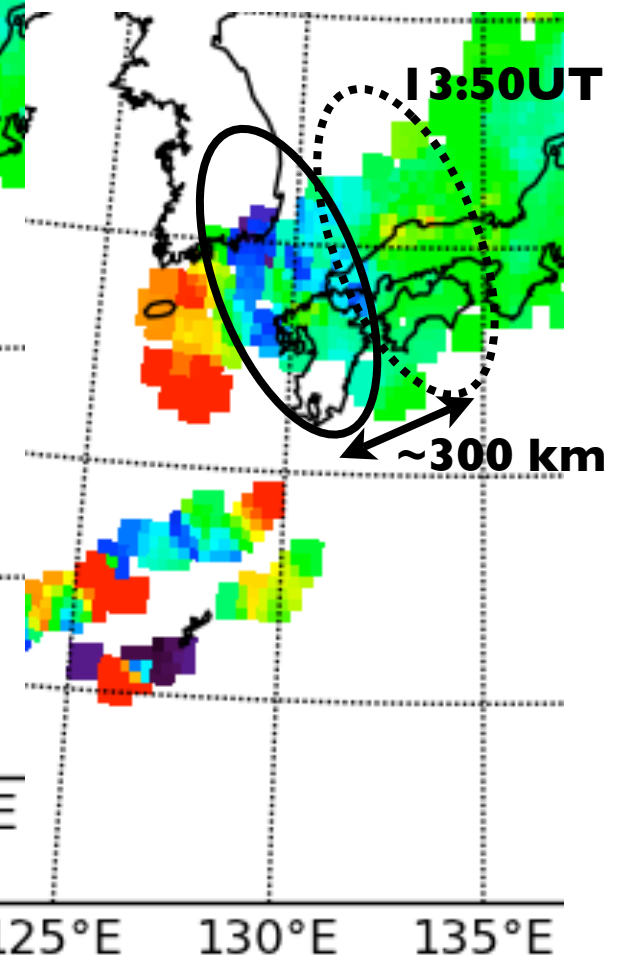
13:55 UT



14:00 UT (XI)

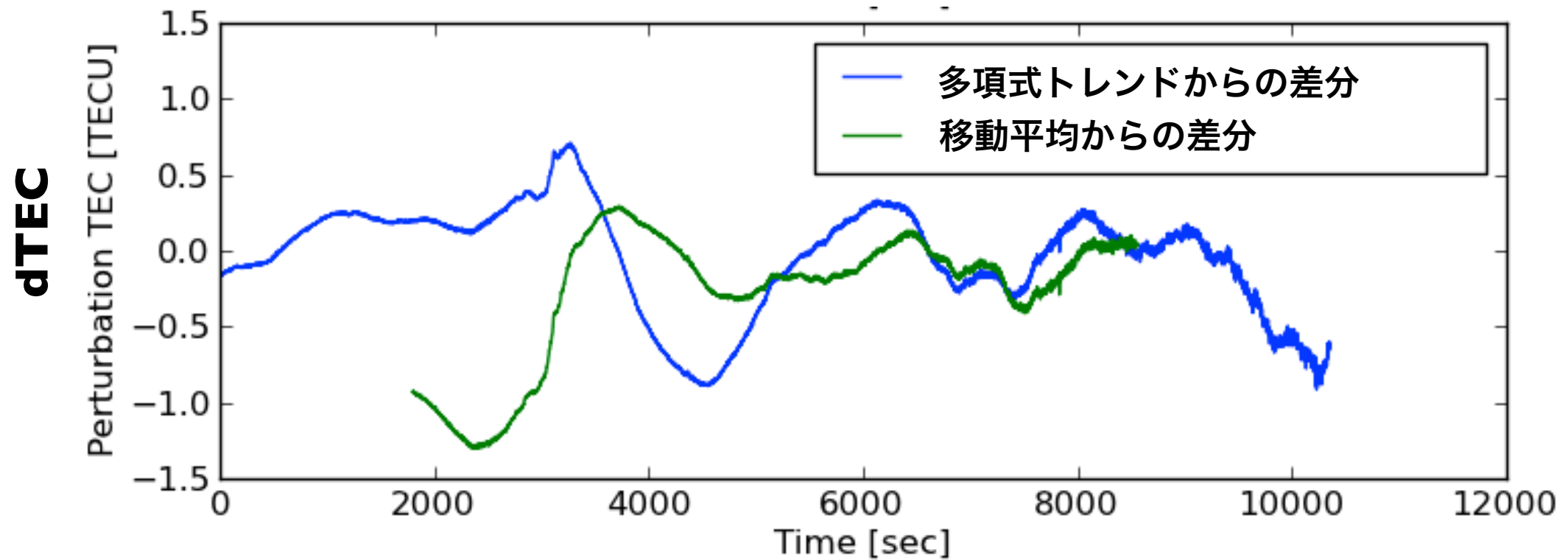


14:05 UT



\* 300 km / 15 min = 330 m/s

# 導出手法によるTEC変動値の違い



- \* 導出されたTEC変動成分は、導出手法により異なる
  - 振幅
  - 位相

# TEC変動導出法による違いの評価

## \* 背景TEC+変動成分

- 背景 TEC: : NeQuickモデル
- 変動成分: 正弦波振動、周期30分
- GPS標準24衛星軌道

## \* TEC変動導出法

### (1) 多項式トレンド除去1

- 次数: 3
- 過去1時間のトレンドを除去

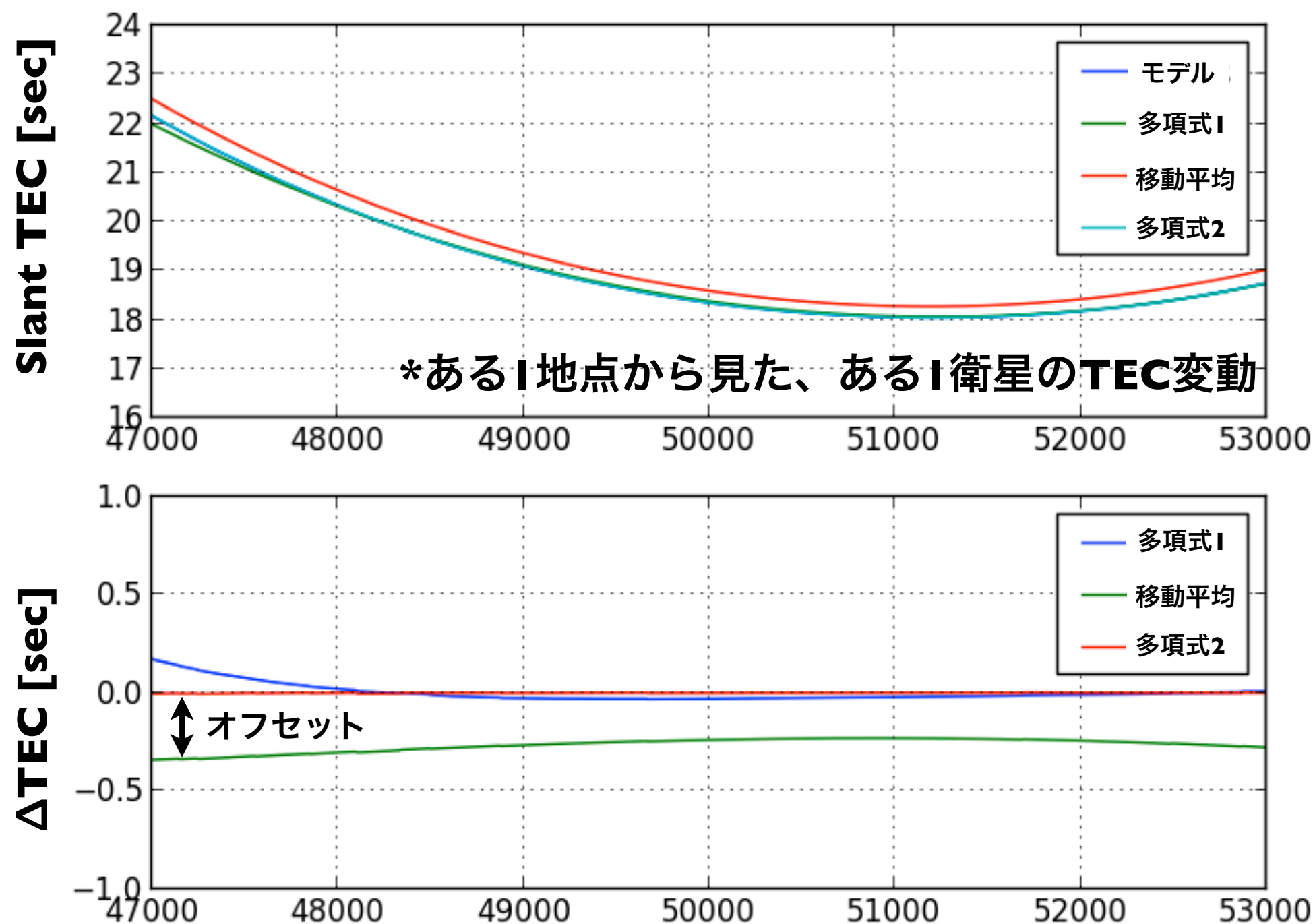
### (2) 移動平均

- 前後30分の移動平均を除去

### (3) 多項式トレンド除去2

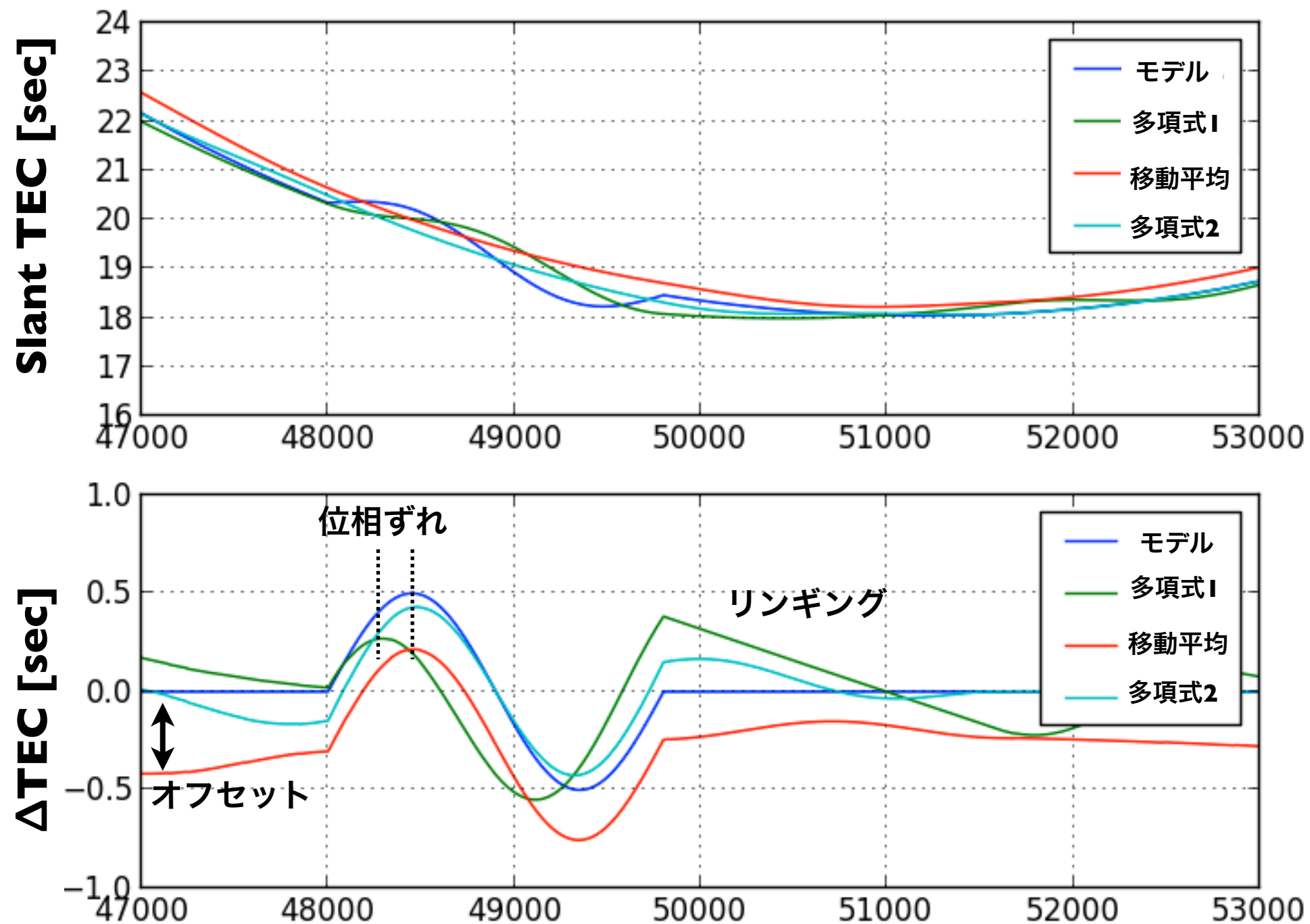
- 前後30分のトレンドを除去

# 結果：TEC変動を与えない場合（背景のみ）



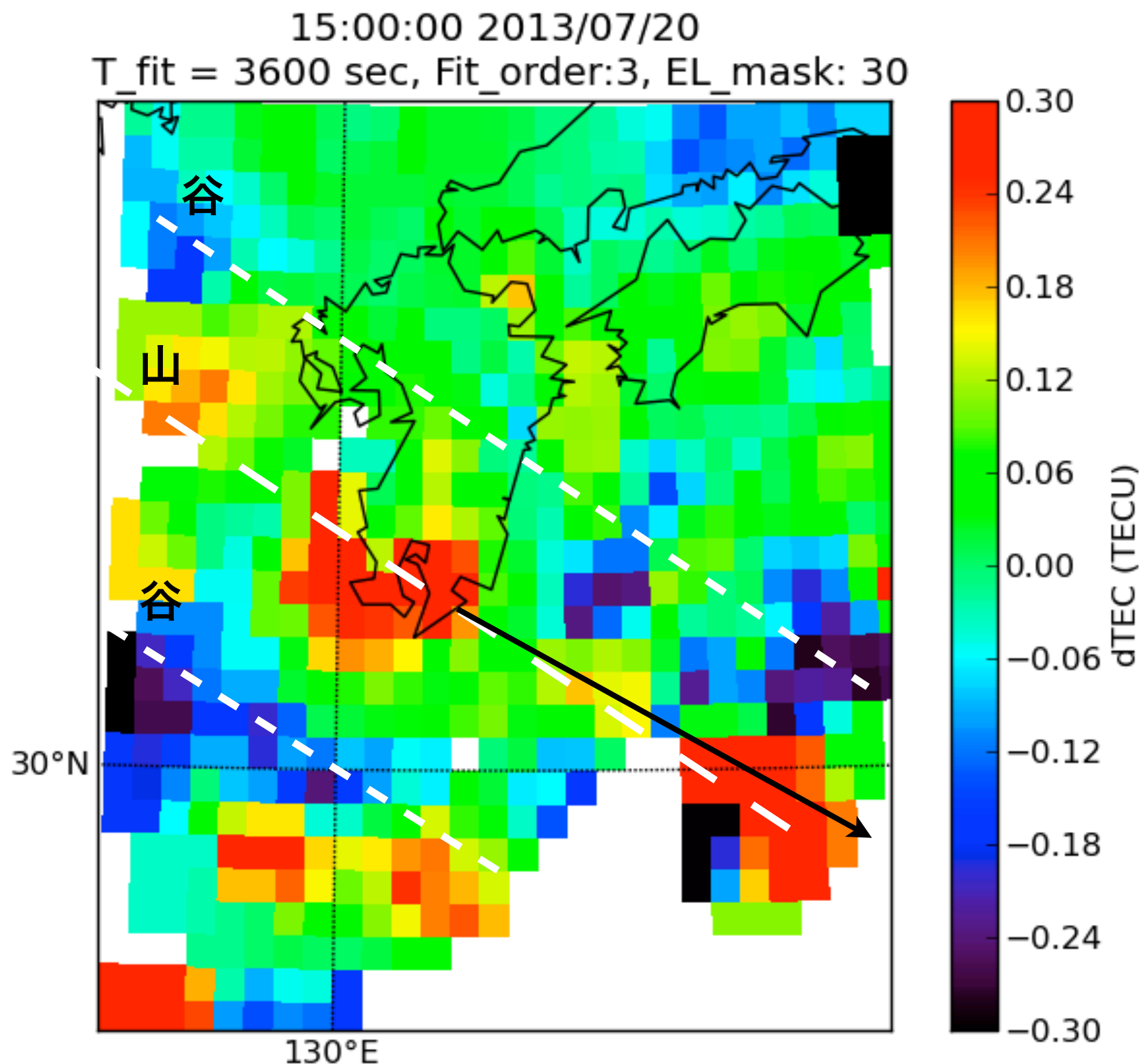
- \* 多項式トレンドは背景TECをよく追従する
- \* 移動平均には高次成分に起因するオフセットがある

## 結果：TEC変動を与えた場合



- \* 過去だけを用いた多項式トレンド除去結果に位相ずれ
- \* 前後を用いた多項式トレンドが最もよくモデルを再現する

# 中心多項式トレンド除去によるTEC変動マップ



- \* ロケット打ち上げ前後には  $\pm 0.3$  TECU 程度の変動があった
- \* ロケット軌道周辺は TEC 増大領域から減少領域への境目



## まとめ (I)

- \* ロケット打ち上げのgo/nogo判断のため、TEC変動のリアルタイムモニタリングシステムを開発した
  - 過去1時間のトレンドを除去する方式で、時間遅れ2分以内でTEC変動マップを導出
  - ロケット発射前後に九州付近でTEC変動を検出し、TEC変動中のロケット打ち上げに成功
- \* TEC変動導出手法によるTEC変動値の違いをモデル検討
  - 過去のトレンドを除去する方式では位相シフト、リングングが発生
  - 中心移動平均を除去する方式ではオフセットが発生
  - 前後を用いて多項式トレンドを除去する方式が最もよい  
(事後解析用)

## まとめ(2)

- \* 前後のデータを用いた多項式トレンド除去によるTEC変動を事後解析
  - ロケット打ち上げ前後には $\pm 0.3$ TECU程度の変動があった
- \* ロケット軌道周辺はTEC増大領域から減少領域への境目であった。

