

# 宮城県沖地震における重点的調査観測

(平成 17 年度)

成果報告書

平成 18 年 5 月

文部科学省 研究開発局  
国立大学法人東北大学大学院 理学研究科  
国立大学法人東京大学 地震研究所  
独立行政法人産業技術総合研究所

本報告書は、文部科学省の委託業務として、国立大学法人東北大学大学院理学研究科、国立大学法人東京大学地震研究所、独立行政法人産業技術総合研究所が実施した平成 17 年度「宮城県沖地震における重点的調査観測」の成果をとりまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には文部科学省の承認手続きが必要です。

グラビア

(1)宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

(a)長期海底地震観測

(3. 1. 1 参照)



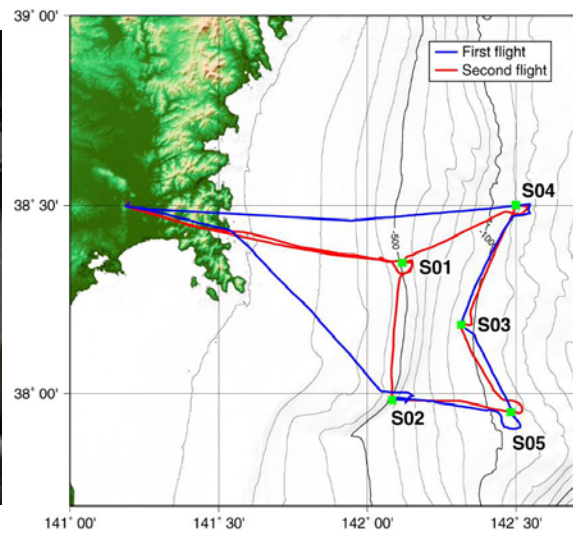
組み上げの完成した長期観測型海底地震計



石巻臨時ヘリポートに到着した長期観測型海底地震計と大型ヘリコプター



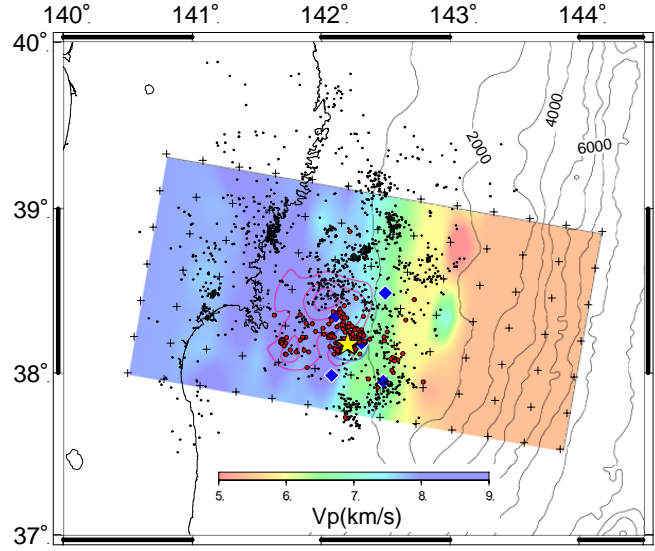
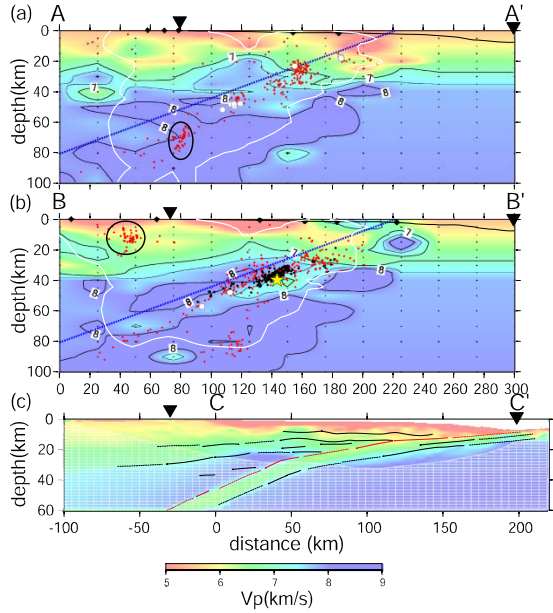
大型ヘリコプター機内に搭載した5台の長期観測型海底地震計



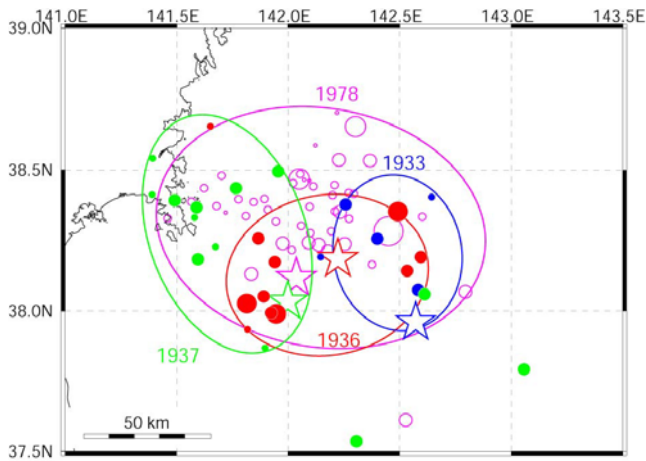
大型ヘリコプター機内に搭載した5台の長期観測型海底地震計

(b) 短期海底地震観測・GPS/相似地震

(3. 1. 2 参照)

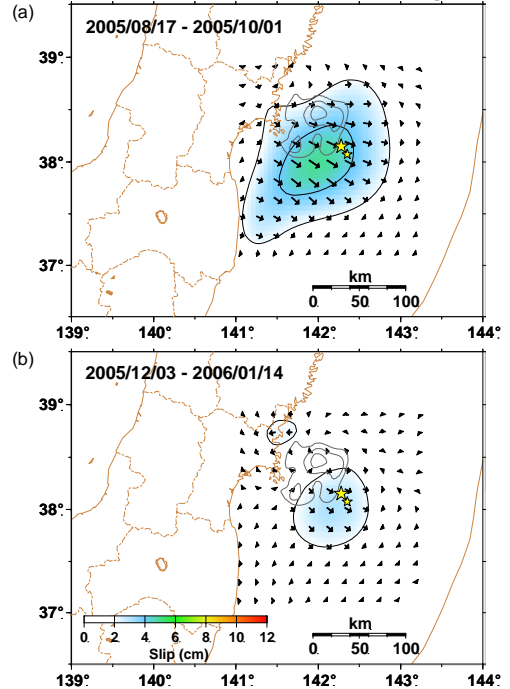


OBS データを用いた地震波トモグラフィ解析により求められた宮城県沖における 3 次元 P 波速度構造モデルと 2005 年宮城県沖地震の本震・余震分布



1933 年、1936 年、1937 年および 1978 年の宮城県沖地震の本震（星印）と余震（丸印）の再決定された震央分布

### Cumulative Aseismic Slip



GPS 連続記録インバージョンによって推定されたプレート境界面上の余効すべり

(2)過去の活動履歴を把握するための地質学的調査

(a)仙台・石巻平野における地質調査

(3. 2. 1 参照)



山元町水神沼における調査風景



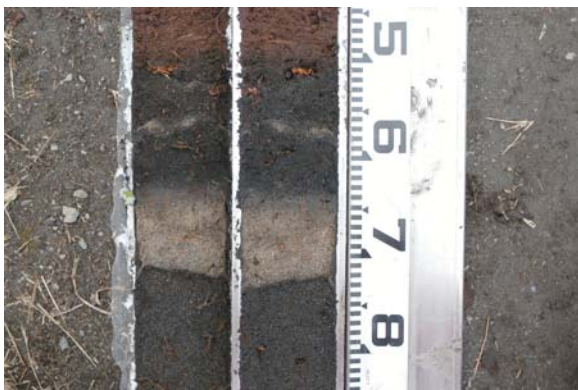
水神沼において採取された湖底  
柱状堆積物



山元町の水田において行われた調査風景



小型ジオスライサーを用いて採取された柱  
状堆積物（山元町）

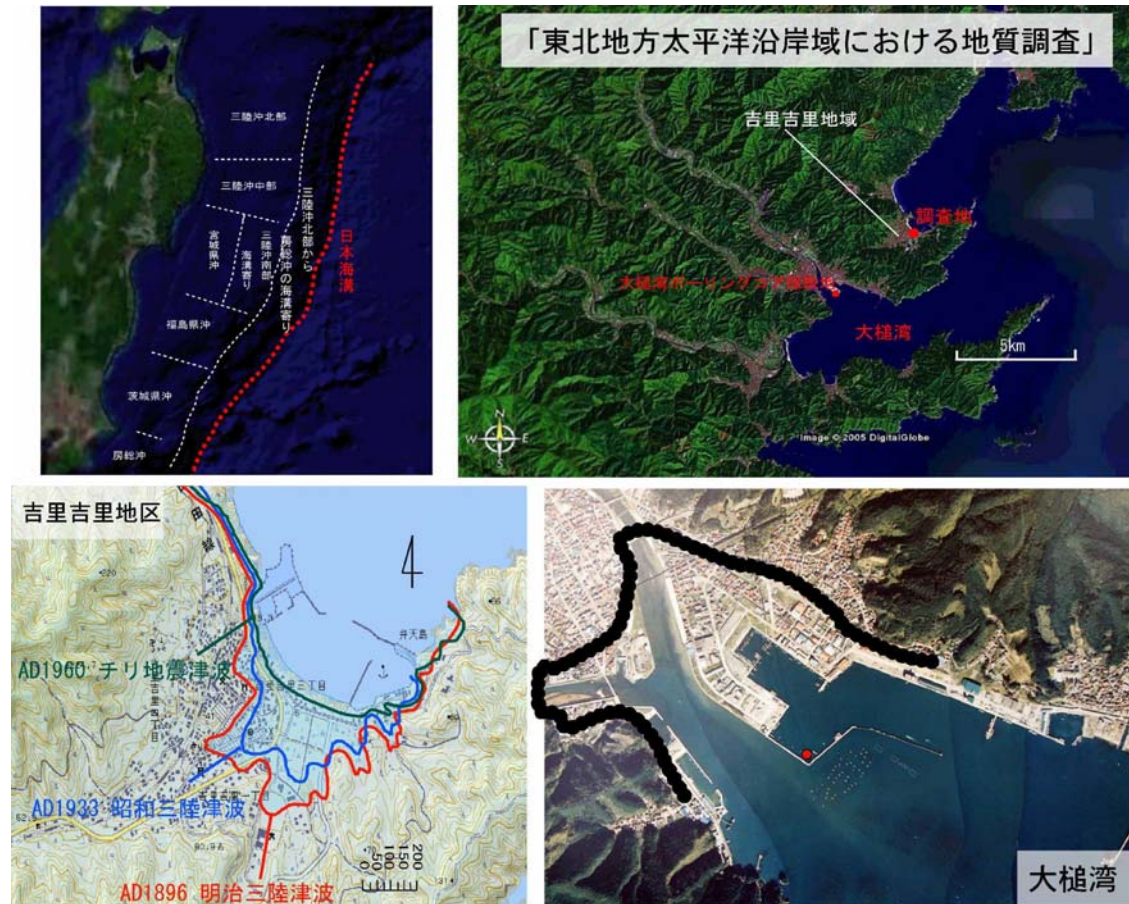


小型ジオスライサーを用いて採取された柱  
状堆積物（亶理町）

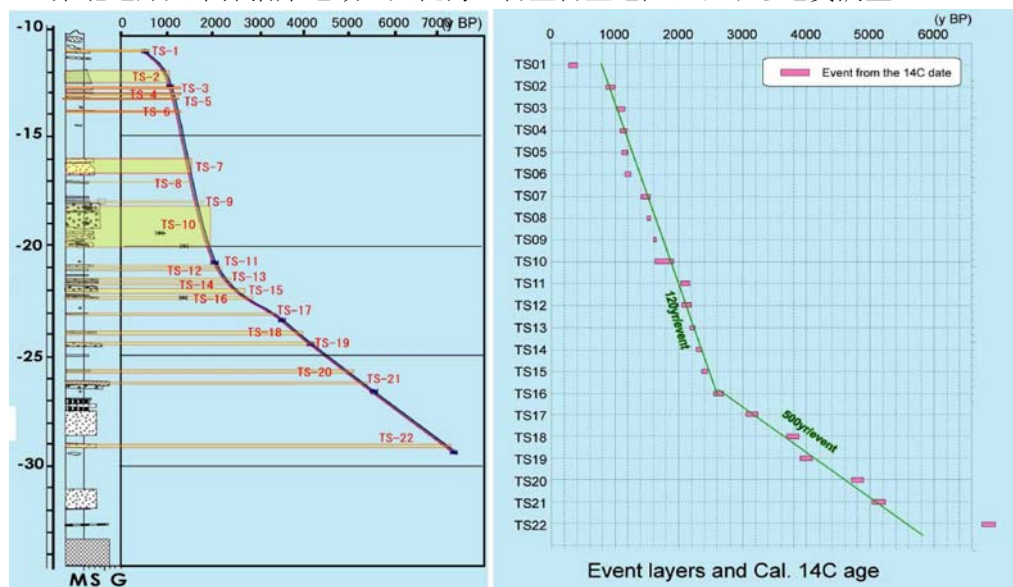


小型ジオスライサーを用いて採取された柱状  
堆積物（亶理町）

(b) 東北地方太平洋沿岸域における地質調査  
 (3. 2. 1 参照)



東北地方太平洋沿岸地域・大槌湾と吉里吉里地区における地質調査



ボーリングコアに見いだされた 22 枚の津波堆積物とそれぞれの年代 (大槌湾)

## 目次

グラビア.....	i
(1) 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現..	i
(a) 長期海底地震観測.....	i
(b) 短期海底地震観測・GPS/相似地震.....	ii
(2) 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査.....	iii
(a) 仙台・石巻平野における地質調査.....	iii
(b) 東北地方太平洋沿岸域における地質調査.....	iv
目次.....	v
1. プロジェクトの概要.....	1
(1) 研究内容.....	1
(2) 研究体制.....	1
2. 研究機関および研究者リスト.....	2
2. 1. 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現2	
2. 2. 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査.....	2
3. 研究報告.....	3
3. 1. 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現3	
3. 1. 1. 長期海底地震観測.....	3
(1) 業務の内容.....	3
(2) 平成 17 年度の成果.....	4
(3) 平成 18 年度業務計画案.....	11
3. 1. 2. 短期海底地震観測・相似地震・GPS 観測.....	12
(1) 業務の内容.....	12
(2) 平成 17 年度の成果.....	14
(3) 平成 18 年度業務計画案.....	53
3. 2. 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査.....	54
3. 2. 1. 仙台・石巻平野における地質調査.....	54
(1) 業務の内容.....	54
(2) 平成 17 年度の成果.....	55
(3) 平成 18 年度業務計画案.....	60
3. 2. 2. 東北地方太平洋沿岸域における地質調査.....	61
(1) 業務の内容.....	61
(2) 平成 17 年度の成果.....	62
(3) 平成 18 年度業務計画案.....	76
4. 全体成果概要.....	78
5. 活動報告.....	80
5. 1. 会議録.....	80
5. 2. 対外的発表.....	85
6. むすび.....	89

## 1. プロジェクトの概要

### (1) 研究内容

宮城県沖地震は、政府の地震調査委員会が公表した「宮城県沖地震の長期評価」にもあるように、およそ 37 年の繰り返し間隔で発生すると考えられている。前回の 1978 年宮城県沖地震の発生から既に 27 年が経過し、次の地震の発生が差し迫りつつあることから、その発生時期や規模に関する予測の高精度化は急務である。地震時に破壊の中心となるアスペリティの固着状況や、その周囲のすべり状態のモニタリングが実現すれば、発生時期に関する予測精度の向上に大きく貢献するものと期待される。また、次に発生する地震の規模に関する予測精度を高めるためには、1793 年に発生した地震のような、隣接する震源域が同時に破壊する、いわゆる「連動型」地震の活動履歴の解明が必要である。こうしたことを踏まえ、1) 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現と地震活動の時空間特性の把握、2) 「連動型」宮城県沖地震の活動履歴の解明、を目標として、本業務を実施する。

### (2) 研究体制

国立大学法人東北大学大学院理学研究科、国立大学法人東京大学地震研究所及び独立行政法人産業技術総合研究所の 3 機関で体制を構築し、関係する研究機関（者）の参加協力を得て研究を実施する。研究代表機関は国立大学法人東北大学大学院理学研究科とする。

研究を効果的に推進するため、上記 3 機関に加え関係する研究機関（者）等により構成される「宮城県沖地震における重点的調査観測運営委員会（事務局は国立大学法人東北大学大学院理学研究科）」を設置する。また、研究成果を宮城県沖地震の長期評価、強震動評価等の予測精度向上に繋げるため、研究の実施に際し、地震調査研究推進本部との連携を十分に図る。

#### (a) 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

国立大学法人東北大学大学院理学研究科および国立大学法人東京大学地震研究所が協力して担当する。国立大学法人東北大学大学院理学研究科は、主として、短期観測型海底地震計を用いた多点観測ならびに陸上地震・測地観測網による GPS/相似地震観測を行い、国立大学法人東京大学地震研究所は、主として、長期観測型海底地震計を用いた繰り返し観測による通年データ取得を行う。加えて、必要に応じ関係する研究機関（者）の参加・協力を得る。

#### (b) 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査



独立行政法人産業技術総合研究所および国立大学法人東北大学大学院理学研究科が協力して担当する。独立行政法人産業技術総合研究所は、主として、仙台平野および石巻平野における地質調査を行い、国立大学法人東北大学大学院理学研究科は、主として、東北地方太平洋沿岸域での地質調査を行う。加えて、必要に応じ関係する研究機関（者）の参加・協力を得る。

## 2. 研究機関および研究者リスト

### 2. 1. 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

所属機関	役職	氏名	担当課題
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	金沢敏彦	3. 1. 1
	助教授	篠原雅尚	
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	長谷川昭	3. 1. 2
	助教授	松澤暢	
	助教授	三浦哲	
	助教授	日野亮太	
	助手	西野実	

### 2. 2. 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査

所属機関	役職	氏名	担当課題
独立行政法人産業技術総合研究所	チームリーダー	岡村行信	3. 2. 1
	チーム員	澤井祐紀	
	チーム員	穴倉正展	
	チーム員	藤原治	
	特別研究員	藤井有士郎	
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	今泉俊文	3. 2. 2
大阪市立大学大学院理学研究科	助教授	原口 強	
国立大学法人千葉大学理学部	助教授	宮内崇裕後	
国立大学法人福島大学教育学部	助教授	藤秀昭	
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	島崎邦彦	

3. 研究報告

3. 1. 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

3. 1. 1. 長期海底地震観測

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	金沢敏彦	
	助教授	篠原雅尚	

(c) 業務の目的

宮城県沖地震の想定震源域においてアスペリティ周辺における地震活動の時空間分布の特徴を抽出するために、長期観測型海底地震計による繰り返し観測を実施し、長期連続した海底地震観測データを入手する。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成17年度：

新規に長期観測型海底地震計5台を整備して、想定震源域における観測を開始する。

2) 平成18年度：

新規整備する長期観測型海底地震計を、前年度に設置した海底地震計を回収する際に設置して、観測を継続するほか、回収した地震記録の解析を行う。

3) 平成19年度：

新規整備および再整備する長期観測型海底地震計を、前年度に設置した海底地震計を回収する際に設置して、観測を継続するほか、回収した地震記録の解析を行う。

4) 平成20年度：

新規整備および再整備する長期観測型海底地震計を、前年度に設置した海底地震計を回収する際に設置して、観測を継続するほか、回収した地震記録の解析を行う。

5) 平成21年度：

再整備する長期観測型海底地震計を、前年度に設置した海底地震計を回収する際に設置して、観測を継続するほか、回収した地震記録の解析を行う。計画の最終年度であるため、年度内に全点の海底地震計を回収して、解析を行い、計画の最終成果を出す。

(e) 平成17年度業務目的

宮城県沖地震の想定震源域においてアスペリティ周辺における地震活動の時空間分布の特徴を抽出するために、長期観測型海底地震計5台を新規整備して想定震源域における繰り返し観測を開始し、長期連続した海底地震観測データの入手に着手する。

(2) 平成17年度の成果

(a) 業務の要約

宮城県沖地震の想定震源域においてアスペリティ周辺における地震活動が示す空間的な特徴を把握するためには、同一の観測配置による観測を長期間継続し、データの蓄積を図ると共に地震活動の時間変化を検出する必要がある。このため、想定震源域における繰り返し観測を5観測点で平成17年12月から開始した。観測に使用した海底地震計は、1年間連続して観測することのできる長期観測型の海底地震計である。東京大学地震研究所で新規整備した海底地震計の設置作業は、東北大学と協力して平成17年12月23日に実施した。すでに厳冬期に入っていたが、ヘリコプターを利用することにより、順調に海底設置することができた。また、大量のデータを処理するための海底地震計データの1次処理装置の構築を行った。

(b) 業務の実施方法

長期観測型海底地震計5台を東京大学地震研究所が新規に購入して組み立て整備を実施した。準備の整った海底地震計は、東北大学経由で石巻市臨時ヘリポートまで搬送の後、ヘリコプターからの自由落下方式で設置予定位置の5ヶ所の海底に設置した。

(c) 業務の成果

長期観測型海底地震計5台を東京大学地震研究所において、動作試験、組み立てを実施した。これらは、チタン合金製の耐圧容器、マイクロコンピュータ制御のジンバルシステムを持つ固有周期1秒の速度型地震計、24ビットのダイナミックレンジを持つデジタル収録式レコーダー、音響通信制御装置などから構成されている。また、電源には1年間の観測のために大容量のリチウム電池を組み合わせて使用する。これら組電池の製作も、東京大学地震研究所で実施した（写真1～写真5）。また、音響通信制御装置、GPS時計制御システム、海底地震観測用GPS測位システム等の船上作業支援装置についても総合的な整備を実施して、準備した。海底地震計の観測データは、海底地震計内のハードディスクに収録される。来年度の海底地震計回収に向けて、大量のデータを処理するための海底地震計データの1次処理装置の構築を行った（写真6）。平成18年1月に東北大学が借り上げた大型ヘリコプター（朝日航洋株式会社アエロスパシアルAS332L型機）は、東京大学地震研究所が整備した海底地震計5台を機内に積載した後、設置予定点に一筆書きに順次飛行して、設置作業を行った。海底設置予定点直上の空中にホバリングしたヘリコ

プターは、海底地震計を機内からワイヤーで吊りおろし、海面で海底地震計を切り離した。切り離された海底地震計は、海中を自由落下して海底設置される（写真7～写真9）。東北大学に協力した設置作業は順調に実施することができ、5観測点での観測が平成17年12月から開始された（図1）。

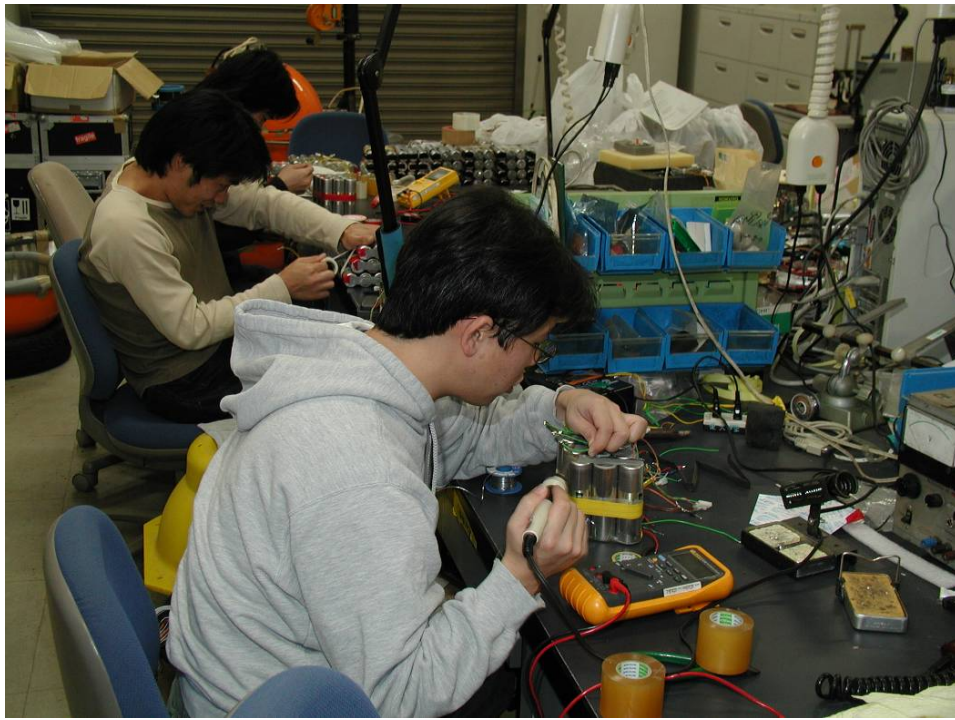


写真1 長期観測型海底地震計の組立作業  
海底地震計計測部を作動させるためのリチウム電池パックの組み立て

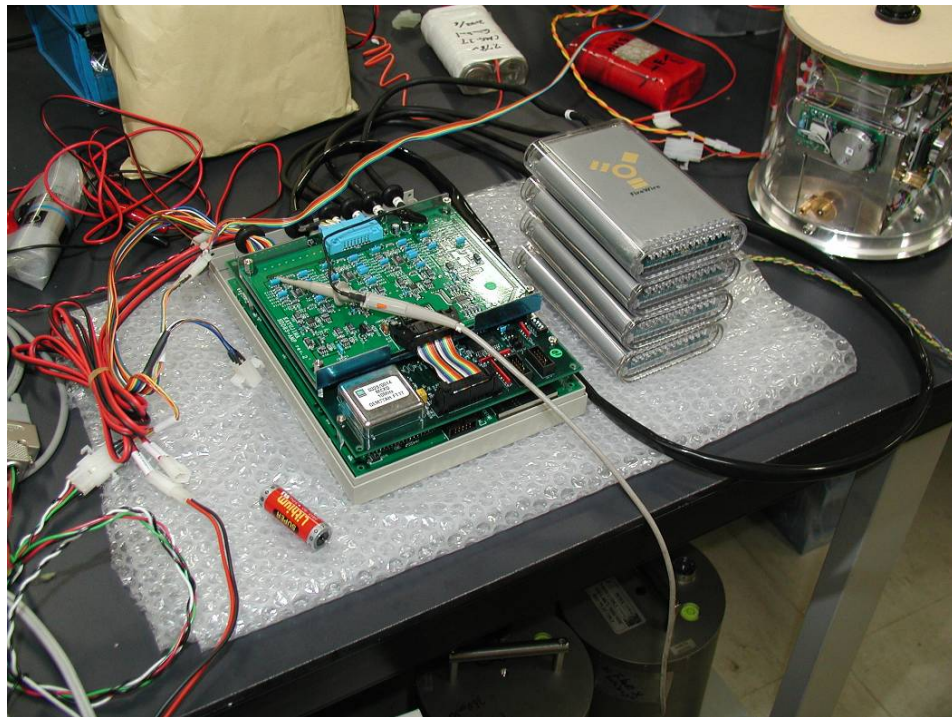


写真2 長期観測型海底地震計計測部の組立作業  
ジンバル付き1秒センサーと記録器を接続しての作動試験



写真3 長期観測型海底地震計の組立作業  
チタン製耐圧容器下半球への、レコーダー、電池等の組み込み作業。



写真4 組み上げの完成した長期観測型海底地震計  
宮城沖重点観測用の海底地震計であることを示すラベルを、チタン製耐圧容器の表面に貼って完成。



写真5 組み上げた海底地震計5台（図中6台の内の5台が宮城沖重点観測用）



写真6 新規整備した海底地震計データの1次処理装置



写真7 石巻臨時ヘリポートに到着した長期観測型海底地震計と東北大学が借り上げた大型ヘリコプター（朝日航洋株式会社エアロスパシアルAS332L型機）



写真8 大型ヘリコプター機内に搭載した5台の長期観測型海底地震計





写真9 ヘリコプター機内に搭載された海底地震計の海底設置位置測定システム

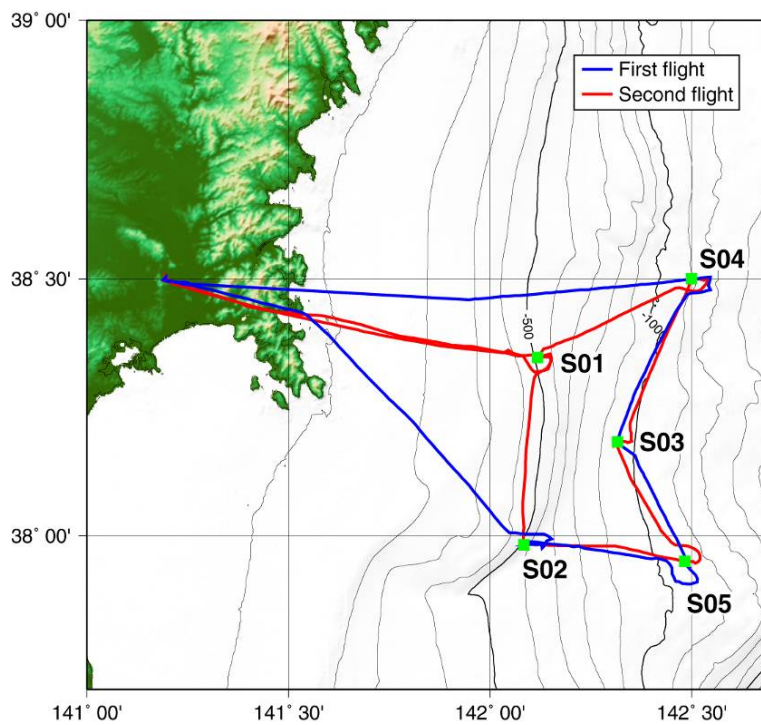


図1 設置作業時におけるヘリコプターの航跡

第1フライト（青線）で、S02、S05、S03を一筆書きに設置。第2フライト（赤線）ではS01、S04を設置した後に、S03、S05、S02、S01において海底地震計のアンカー切り離し用トランスポンダーの動作確認を実施した。

(d) 結論ならびに今後の課題

長期観測型海底地震計5台と、海底地震計データの1次処理装置の新規整備を計画通りに実施した。また、東北大学に協力して、5観測点での観測を開始した。今後の課題とすべき事は、特になし。

(e) 引用文献

特になし

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

現在はまだ無し

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成18年度業務計画案

宮城県沖地震の想定震源域周辺の地震活動が示す空間的な特徴を把握するためには、同一の観測点配置による観測を長期間継続し、データの蓄積を図るとともに地震活動の時間変化を検出する必要がある。このため、宮城県沖地震の想定震源域において、長期観測型海底地震計による繰り返し観測を実施し、人工地震探査の結果などとの比較によりアスペリティ周辺における地震活動と地殻・上部マントル構造との対応関係を抽出する。このため、新たに長期観測型海底地震計を整備する。整備した地震計は、平成17年度に設置した長期観測型海底地震計の回収とともに設置し、継続的な地震観測を行う。また、長期および短期海底地震観測のデータ処理・解析（東北大学が分担予定）の結果を、パイロット重点などこれまでに実施された地殻構造探査の結果と比較し、地震活動と地殻・上部マントル構造との関係を明らかにする。具体的には、地下構造探査により得られた地震波速度構造モデルなどを用いて震源分布を再決定することにより、構造探査により求められているプレート境界の形状など特徴的な構造と地震活動の空間分布との対応関係に関する検討を進める。なお、海底地震計を用いて観測したデータについては、地震調査研究推進本部調査観測計画部会調査観測データ流通・公開推進専門委員会機動的な地震観測データ公開WGにおいて定める方針に従い、流通公開を行う。

### 3. 1. 2. 短期海底地震観測・相似地震・GPS 観測

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務題目

宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	長谷川昭	
	助教授	松澤暢	
	助教授	三浦哲	
	助教授	日野亮太	
	助手	西野実	

##### (c) 業務の目的

M7.5 級のプレート境界型地震が繰り返し発生する宮城県沖では、次の地震の発生が切迫していると考えられており、その発生時期および規模の予測精度の向上が急がれる。本業務では、宮城県沖地震時に破壊すると考えられるアスペリティの固着状況やその周囲における準静的すべりの状態が時空間的にどのように変化しているかを監視するための方策を開発することを目的とする。

アスペリティの状況把握の高度化のためには、プレート境界面の形状や境界面とその周囲における中小の地震活動の空間分布を高精度で明らかにする必要があり、文部科学省事業である「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点調査観測」（以下「パイロット重点観測」と称する）によってこの領域において開始された海底地震観測網による長期繰り返し地震観測を発展的に継続することによりこれを実現する。

アスペリティ周囲での準静的すべりの時空間的な変動を監視するためには、本業務ではGPS 観測による地表面の変位速度分布からプレート境界面上でのすべり分布を推定しその時間変化を捉えること、プレート境界面上での小繰り返し地震である相似地震のすべり量と震源分布からすべり分布を推定しその時間変化を捉えることが効果的であると考えられる。特に「監視」という観点からは、高信頼度のすべり量分布を迅速に推定することが重要であり、そのための技術開発を推進する。

##### (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

###### 1) 平成17年度：

これまでに宮城県沖の周辺で行われた地震観測のデータを解析し、2005年8月16日に発生したM7.2の地震の破壊域を詳細に明らかにするとともに、1930年代や1978年に発生した過去の宮城県沖地震の破壊域との関係を考察した。また、震源域とその周辺にお

ける地震波速度構造モデルを構築した。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析に基づき、宮城県沖周辺における準静的すべりの実態把握を開始した。

2) 平成18年度：

海底地震計の入れ替えにより、平成17年度に観測を開始した5点の海底観測点における地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して4～10月の間短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、想定震源域周辺の精密な震源分布を求める。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析に基づき、宮城県沖周辺における準静的すべりの実態把握を継続する。

3) 平成19年度：

海底地震計の入れ替えにより、繰り返し海底地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、想定震源域周辺のプレート境界面の形状および3次元的地震波速度構造モデルを求め、アスペリティ位置の推定精度の向上に資する。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析の準リアルタイム化に着手し、宮城県沖周辺における準静的すべり状態の監視システムの開発に着手する。

4) 平成20年度：

海底地震計の入れ替えにより、繰り返し海底地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、プレート境界面上および面外それぞれにおける地震活動の分離を行い、それぞれの位置での地震活動特性の抽出に努める。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析の準リアルタイム化に基づく、宮城県沖周辺における準静的すべり状態の監視システムの開発を進める。

5) 平成21年度：

海底地震計の入れ替えにより、繰り返し海底地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、プレート境界面内・外の地震活動度およびその特性の時空間的な変動の解明に努める。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析の準リアルタイム化に基づく、宮城県沖周辺における準静的すべり状態の監視システムの実用化に目途をつける。

(e) 平成17年度業務目的

パイロット重点観測において繰り返し海底地震観測を行っていた観測点での観測を継続するため、長期観測型の海底地震計5台を導入し平成18年度11月まで(予定)の観測に着手するとともに、平成18年度に実施を予定する海底地震観測に使用する短期観測型海底地震計6台を導入する。また、次の宮城県沖地震の発生が想定される領域における地震活

動の特性を、本業務開始までに行われた海陸における地震観測のデータの処理解析を進めることにより明らかにする。さらに、宮城県沖地震の想定震源域およびその周辺におけるプレート間固着・すべり状況を評価するため、GPS 測地観測網のデータの解析および陸上地震観測網により観測される相似地震の活動度に関する解析に着手する。

## (2) 平成 17 年度の成果

### (a) 業務の要約

2005 年 8 月 16 日 11 時 46 分に宮城県沖において発生した M7.2 の地震について、この領域において繰り返し発生している M7.5 級のプレート境界地震のサイクルの中での位置づけを明らかにすることを目的として、地震発生時の海底地震観測データを用いた精密な震源決定を行うとともに、1978 年や 1930 年代に発生した宮城県沖地震との相対的な震源域の関係についての検討を行った。その結果、2005 年の地震は明らかにプレート境界で発生した地震ではあるが、1978 年の地震時に破壊された複数のアスペリティの一部のみを破壊したものであることが分かった。さらに、1930 年代に繰り返し発生した M7 級の地震はそうした複数のアスペリティが個別に破壊したことによって発生したと推定され、そのうち 1936 年の地震は 2005 年の地震と同じアスペリティの破壊であった可能性が高いことが判明した。また、2005 年の地震発生前後におけるプレート間すべりの状況を、GPS 連続観測のデータおよび相似地震（微小繰り返し地震）活動から推定した。2005 年の地震は小規模（最大で 5cm 程度）な余効すべりを伴っており、その範囲は本震の破壊域およびその南西側に広がっている。この余効すべり域では本震の発生後に微小地震活動が活発化しているようであり、さらに海底地震計のデータを加えて精査すると、その活発化は M7.2 の地震が発生する約 10 日前に始まっている可能性が示された。

### (b) 業務の実施方法

2005 年 8 月 16 日に宮城県沖において発生した M7.2 の地震を観測した海底地震計のデータを解析することにより、その本震・余震の詳細な震源分布を求めるとともに、1978 年宮城県沖地震（M7.4）と 2005 年の地震を共通して観測することができた陸上観測点のデータを用いた相対震源決定解析により、両者の余震分布の相対的な関係を高精度で明らかにした。さらに、1930 年代の宮城県沖地震についても、当時の P、S 波の到達時刻データ（可能であれば地震波形記録から再検測を行った）を、現代的な解析手法により本震・余震の震源決定を行い、1978 年および 2005 年の地震との関係を検討した。

また、2005 年の地震発生前後にわたる GPS 連続観測によってえられた宮城県沖地震の震源周辺における地表変位速度データを逆解析することにより、プレート境界面上におけるすべりの時空間的な分布を推定し、本震時のすべり領域を推定するほか、余効すべり域を推定し、そこでの地震活動度との対応関係についての検討を行った。

さらに、6 台の短期観測型海底地震計を調達し、平成 18 年度の早期に観測を開始するた

めの準備を行った。

(c) 業務の成果

2005年8月16日11時46分にM7.2の地震が宮城県沖において発生した。本震の波形解析などによって推定された発震機構解は低角逆断層型（たとえば、F-net, 2005）1）であり、この地震がプレート境界で発生した地震であることを示す。この地域では、前回発生した1978年宮城県沖地震（M7.4）に至るまで、およそ40年間の再来周期をもってプレート境界型地震が繰り返し発生していることが明らかになっており、今回の地震がこうした繰り返し発生のサイクルの中でどのような位置づけにあるかは、非常に注目される場所である。この地震が想定された宮城県沖地震であるのか、そうであるとすれば、なぜ前回（1978年）の地震に比べて小さいのか、そうでないとしたら、想定宮城県沖地震の発生過程にどのような影響を及ぼすのかを評価することが、開始されたばかりの本業務において極めて重要である。

宮城県沖においては、東京大学地震研究所および気象庁地震火山部・仙台管区气象台と共同で長期繰り返し海底地震観測を平成14年度以来行っている。2005年8月16日に宮城県沖で発生したM7.2の地震はこうした海底地震観測網の直下で発生したため、本震とその直後の余震活動を直上に設置したOBSにより観測することができた。したがって、そのデータを用いることにより、今回の地震の破壊域の位置と広がりを高精度で推定することができた。

8月16日の地震が発生した時点では、気象庁、東京大学との共同研究により、震源域周辺には19台のOBSが設置されていた。地震の発生をうけ、16台のOBSを余震観測のために設置することになり、これとあわせて既に観測を行っていた5台のOBSの回収と同地点への再設置を行うことになった。以下では、解析が進んでいるこれら5台のOBSのデータを用いて決定した本震および余震の震源分布について述べる。

図1に以下の解析にデータを使用した観測点の配置を示す。本震の震央周辺に設置されていた5台のOBSと震源域に近い沿岸の陸上観測点6点のデータを以下の解析に使用した。震源は、絶対走時を用いた通常の震源決定を行った後、走時のdouble differenceを用いるdouble difference震源決定法（Waldhauser and Ellsworth, 2000）2）を行って求めた。図2には、これらの震源決定の際に仮定した速度構造モデルを示す。

図1には、気象庁の一元化カタログによる震央位置とOBSのデータを加えて再決定した震源位置を、それぞれ灰色と黒のシンボルで示した。星印が本震の震央である。これらを比較すると、余震分布については、再決定によって集中度が高まったものの顕著な系統的な違いを認めることはできない。しかし、本震については、再決定の結果およそ10km西側に震央が移動している。その結果、気象庁カタログでは余震分布の東端に位置するように見えていた本震の震央は、実は余震群の中にあることが判明した。

震源深さ分布で比較すると（図3）、一元化カタログでは震源深さが沖合に行くに従ってバラツキが大きくなっているが、OBSデータを用いた再決定によってこうした傾向が改善さ

れることが分かる。しかし、平均してみると一元化震源の深さが系統的にずれているというようなことは、震央と同様に、本震以外については顕著には見られない。一方、一元化カタログによる本震の震源については、震央が東側にシフトして決定されていることもあり、明らかに余震分布が形成する面からはずれていることがわかる。この本震の震源位置と余震分布とのずれは、OBS のデータを加えることによりかなり改善されるが、本震が余震分布のもっとも深い側に決定されている。

ところが、本震および余震の震源を P 波のデータのみを用いて決定してみると、本震と余震分布との間に大きな差は見られなくなる。このようにして、P 波のみで決定した震源位置を仮定して、P と S 波（震源決定に用いていない）それぞれについての走時残差を、本震とそこから 2km 以内の範囲に震央が決定された余震について調べてみると、本震の S 波だけが顕著に残差が大きいことがわかる。一方で、P と S をともに震源決定に使用しても、走時残差はあまり減少しないことから、何らかの理由により本震の S 波の到達時刻データは P 波の到達時刻とつじつまがあっていないということが考えられる。その原因はまだ不明であるが、本震の破壊の複雑性によって真の S 波の立ち上がりを波形記録上で認識しにくくなっているのかも知れない。こうした理由により、ここでは、本震についてのみ S 波データを震源決定には使用しないことにした。

図 4 は、double difference 震源決定法により得られた震源分布である。震央分布をみると、余震はいくつかのクラスタに分かれて分布していることが分かる。とくに活動度が高いクラスタは、本震の震央が含まれる西北西－東南東方向に軸をもつ線状のものと、それと直交してあわせて L 字型の形状を示す、北北東－南南西方向に軸をもつ線状クラスタである。

震源深さ分布に注目すると、本震・余震の震源は大局的に陸側に傾き下がる面に沿うように分布していることがわかる。特に、本震の震源付近のおよそ 20 x 20 km の範囲では震源分布の「厚み」が非常に薄くなっていることがわかる。この余震分布の面の走向と傾斜は  $197^{\circ}$  と  $24^{\circ}$  であり、F-net によるメカニズム解 ( $197^{\circ}$ 、 $22^{\circ}$ ) と非常に良い一致を示すことから、この領域では、本震の破壊面とその延長上において活発な余震活動が起こっているものと考えられる。一方、北北東－南南西方向に伸びる線状クラスタでは、余震分布が深さ方向にやや拡がりを持ち、本震の破壊面とは斜交する面を想像させるような形状を示す。

図 4 の震央分布には、Yaginuma et al. (2006)3 が本震の遠地および近地実体波波形のインバージョンによって求めた本震時のすべり量分布を重ねて表示した。ただし、彼らのインバージョンでは破壊の開始点として気象庁の震源位置を仮定しているため、ここでは上で述べた本震震央の違いの分だけ彼らの結果をずらして、今回求めた震央分布と比較している。すると、すべり量分布の東端は北北東－南南西に延びる線状の余震クラスタの位置と非常に良い一致を示し、この線状クラスタが破壊域の東端に沿って分布している可能性を示唆する。破壊域の端部においては、その周囲で応力集中がおこる結果、すべり面の

延長からはずれた場所で地震活動が活発化する可能性がある。この線状のクラスタはこうしたメカニズムによって活動が活発化したものかも知れない。

また、震源深さ分布に Ito et al (2005)4)が人工地震探査によって求めたプレート境界の位置を重ねてみると、余震分布とプレート境界の傾斜が非常に良く一致することがわかる。深さの絶対値は僅かに一致しないが、震源深さの絶対値と人工地震探査から推定されたプレート境界の位置の双方に数 km 程度の系統誤差があり得るため、この差が有意なものかどうかは現段階では結論できない。注目されるのは、探査から推定されたプレート境界面の傾斜が急変する位置と、本震の破壊域の東端に一致すると考えた北北東-南南西に延びる線状の余震クラスタの位置がほぼ一致することである。Ito et al. (2005)4)も、1978年の破壊域の拡がりとの比較から、プレート境界面の屈曲と破壊域の東端に対応関係があると考察しており、1978年と2005年の地震はともに、プレート境界の屈曲によって東側(up dip 側)への破壊の進展を停止させた可能性がある。

図5は、宮城県沖地域における OBS 観測のデータを用いて求められたこの地域の3次元地震波速度構造とそれを用いて再決定した2005年の地震の本震および余震(本震発生後3日間の代表的なものだけ)の震源分布である(Yamamoto et al., 2006)5)。3次元速度構造モデルでは、沈み込む海洋性地殻が  $V_p \sim 7\text{km/s}$  の傾斜層として明瞭にイメージされているが、2005年の地震の本震・余震分布はその上面に沿って分布しており、これらの地震がプレート境界に沿って発生したものであることを示している。

こうした海洋性地殻の上面あるいは震源の面状分布によって定義されるプレート境界面を基準にそれよりおよそ10km上側のウエッジマントル内の  $V_p$  の分布を地図上に投影して表示したものを図6に示す。これをみると、宮城沖領域では、北部に向かってウエッジマントル内の  $V_p$  が低下している様子を見取ることができる。さらに、これを1978年や2005年の地震の破壊域の拡がりと比較してみると、これらの地震はいずれも上盤側をウエッジマントルとするプレート境界面において発生しているが、その破壊域はウエッジマントル内の  $V_p$  が  $8\text{km/s}$  程度の比較的高速度の範囲内にとどまっており、低速度領域までは広がっていないことがわかる。

図7は、2005年の地震と1978年の地震について、double difference 震源決定法を用いて、本震と余震の相対的震源位置を高精度で調べた結果である(Okada et al., 2005)6)。この図には、Yaginuma et al. (2006)3)によって推定された2005年の地震のすべり分布と、Yamanaka and Kikuchi (2004)7)による1978年の地震のすべり分布、および Seno et al. (1980)8)による3セグメント震源断層モデルも重ねて示す。

図7の震源分布を見ると、1978年の余震(赤十字印)分布の南東端は、2005年の余震(青丸印)分布とよく一致している。さらに、1978年の本震の震源(破壊の開始点;赤星印)と2005年の本震の震源(青星印)もよく一致している。Yaginuma et al. (2006)3)による2005年の地震のすべり量分布(青色コンター)は震源の近傍に集中していることがわかる。一方、1978年の地震については、Yamanaka and Kikuchi (2004)7)によるすべり量分



布（赤色コンター）にしても、Seno et al. (1980)8) による震源断層モデル（橙色矩形）にしても、概ね震源域の北～北東、西～南西、および南東の破壊開始点付近の3つの領域が大きくすべったという結果が得られている。破壊の開始点付近は Yamanaka and Kikuchi (2004) による結果では、あまりすべり量は大きくないが、Seno et al. (1980)8) は近地の観測点における短周期成分に注目して、破壊開始点付近の狭い領域で Mw7.1 相当の大きなモーメント解放があったと解釈している。

以上のことから、(1) 1978 年の地震は、M7 程度の地震に相当する3個程度のアスペリティの複合破壊であり、(2) 2005 年の地震はこれらのうち、1978 年に最初に破壊したアスペリティのみが壊れた、という解釈が今のところ最も考えやすい。

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2000) は、宮城県沖では M7.3~7.5 の地震が、26~42 年間隔で繰り返し発生してきたと解釈して、固有地震的観点から「宮城県沖地震」の長期予測を行っている。この評価においては、宮城県沖では 1936 年と 1978 年に M7.4 の地震が発生したと判定されている、Yamanaka and Kikuchi (2004)7) の解析結果では、1936 年の地震 (M7.4) は、1978 年の地震とは別の震源域で発生したことになる。また、1793 年 2 月 17 日には宮城県沖で M8.2 程度の地震が発生しているが、これは、通常の陸寄りの震源域のみならず、日本海溝付近まで連動して、津波を伴う大きな地震になったと考えられている (地震調査研究推進本部地震調査委員会、2000) 9)。さらに 1930 年代には、1936 年以外にも 1933 年 (M7.1) と 1937 年 (M7.1) の地震が発生していることが知られており、宮城県沖の地震活動を、単純な「固有地震的」活動と解釈して将来の地震発生を予測することの危険性も指摘されている (例えば Kanamori et al., 2006)10)。一方、前節で述べたような、「1978 年の地震はアスペリティの複合破壊であり、そのうちの一部だけが壊れる場合がありうる」、という考え方はこれまでなかったものであり、1930 年代の地震と 1978 年の地震との関係も、2005 年の地震の経験を踏まえて調べなおす必要がある。

このような観点から 1930 年代の M7 級の地震とその余震の震源再決定を行った (Umino et al., 2006) 11)。当時の時計精度の問題を克服するため、S-P 時間をデータとして用い、またプレート境界で発生していると仮定してグリッドサーチによって震源を決定した。求められた本震と余震の分布を図 8 に示す。本震については S-P が読みにくいいため震源の信頼度は低い、余震については (個々には誤った位置に震源決定されている地震が含まれている可能性を否定できないものの) 全体としてはそれなりに信頼できる結果が得られていると考えられる。図 8 を見ると、1930 年代の3つの地震の余震域は、いずれも 1978 年の地震の余震域と重なっており、このことは 1930 年代の個々の地震は、それぞれ 1978 年の震源域の一部を破壊したことを示唆している。また、図 7 と図 8 を比較すると、1936 年の地震の余震域は、2005 年の余震域とも似ている事がわかる。

ただし、ここで得られた結果は、これらの地震がすべてプレート境界型地震であると仮定して得られた結果であることに注意する必要がある。Kanamori et al. (2006)10) は、2005 年と 1978 年と 1930 年代の地震の遠地の観測点の波形を比較し、1937 年の地震は他の

地震より深部のスラブ内地震である可能性が高いと指摘している。

そこで、1937年の地震については、プレート境界で発生しているという仮定をはずして、3次元的なグリッドサーチによって震源再決定を行った。もともとのプレート境界を仮定したグリッドサーチ（2Dサーチ）と3次元的なグリッドサーチ（3Dサーチ）によって得られた震央分布の比較を図9と図10に示す。ただし、本震については、残念ながらプレート境界という仮定をはずすと解が安定しないため、3Dサーチは行わなかった。これらの図を見ると、プレート境界という仮定をはずしても、1937年の余震域はそれほど変化しないことがわかる。

3Dサーチによって再決定された地震の震源分布を図11に示す。深さ分布（図11b）を見ると、残念ながら1937年の地震がプレート境界で発生したと強くは言えず、スラブ内で発生していた可能性も否定できない。

図11bで示した深さはグリッドサーチで得られた結果なので、震源の深さの誤差は誤差伝播式から求める事が出来ない。そこで、深さの信頼度を見積もるために、各深さでS-P時間の残差のRMSの最小値を求め、それが震源深さと共にどのように変化するかを調べた。その結果を図12aに示す。観測点配置が悪いと、震央と震源の深さがトレードオフしてしまうため、震源の深さが変わっても、残差はほとんど変わらなくなる。また、精度の悪いデータが含まれている場合も、残差が大きい値のまま安定してしまいやすい。このような観点から図12aを見ると、深さが変わっても残差がほとんど変化しない地震（地震番号：afs03, 06, 07, 09, 11, 12, 14）と、RMSの極小値が明確に存在する地震の二つのグループが存在する事がわかる。

RMSの極小値が明確に見られる地震は震源の深さの精度が良いと考えられるため、図12bと図12cではそのような地震を強調するために、濃い青色で示してある。このような地震は狭い範囲に集中し、その分布の直径は50km程度以下となり、M7.1の地震の余震としては尤もらしい分布となる。断面図（図12c）を見ると、濃い青色の震源はほぼプレート境界に集中しており、1937年の地震はプレート境界で発生した可能性が高いと考えられる。しかし、たとえば、地震番号15番の地震のようにスラブ内部で発生したように見える地震も存在するため、スラブ内部の地震である可能性も完全には否定できない。

そこで、P波初動の押し引き分布によるメカニズム解を検討した。ただし、本震については、深さのみならず震央についても不確定性が大きいと考えられるため、2Dサーチによる本震の震央と、3Dサーチによってスラブ内に震源が求められた地震番号15番の余震（AFS15）の震央の二通りを仮定し、様々な深さでのメカニズム解をプロットした結果を図13に示す。この図を見ると、地震の深さが非常に浅い場合を除けば、いずれも西に傾斜した低角の節面を持つ低角逆断層型となっている。

遠地観測点の表面波の振幅から考えて、この地震が30km以浅の浅い地震であるとは考えられず（Kanamori et al., 2006）10）、40kmよりは深いことは間違いないと考えられる。したがって、1937年の地震は、低角逆断層型のメカニズム解を持つプレート境界型の地震

である可能性が極めて高いと考えられる。つまり、1937年の地震は1978年の地震時に破壊されたアスペリティ群のうち、最も西側の一番深いアスペリティが破壊されたことによって生じたと考えられる。

陸上の地震観測データを用いて、過去に宮城県沖で発生したM7級の地震について余震の高精度の震源決定とすべり量分布の比較の結果、過去の地震の相互関係は以下のようになっている可能性が高いと考えられる。

- (1) 1978年の地震は少なくとも3つのアスペリティを破壊した。
- (2) 2005年の地震は1978年の破壊開始点付近のアスペリティのみを破壊した。
- (3) 1936年の地震と2005年の地震はほとんど同じである。
- (4) 1933年、1936年、1937年の地震で破壊されたアスペリティが1978年の地震の際に破壊された。
- (5) 1978年、1981年、2003年のアスペリティをすべて破壊する地震が、1793年の地震であった。

次に、GPS連続観測網によって推定された2005年8月宮城県沖地震に伴った地震時地殻変動、および地震発生以降の非地震性すべりの解析結果について報告する。

図14に観測された地震時水平地殻変動(黒矢印)をデータとし、Yabuki and Matsu'ura (1992)12)のインバージョン法により推定された本震のすべり分布を青矢印とコンターで示す。地震時水平変動は、8月11日から5日間と8月17日から5日間の各観測点の平均の座標値の差として定義されている。観測された水平変動は、震源域近傍の観測点で約50mmに達している。図中白矢印は、推定された地震時すべり分布から計算された変位を示す。プレート境界面の形状は諏訪・他(2004)13)と同じものを用いた。約40cmの最大すべりが本震の震央近傍に推定されている。断層モデルの広がりをも東、南方向に多少広げても、最大すべりの位置は震央の北側に位置するという傾向にかわりはなかった。Yaginuma et al. (2006)3)が地震波形インバージョンによって推定した地震時すべり分布と比較すると、その広がりにはブロードではあるが、分布の中心については良い一致を示している。推定された積算モーメントは、 $6.5 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw7.1)であり、Yaginuma et al. (2006)3)による推定値  $8.9 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw7.2)と比べると多少小さめではあるが大きな違いはない。測地インバージョンからも、今回の地震の破壊域が1978年のアスペリティの一部であったことを示唆する結果が得られている。

国土地理院では、高精度のGEONET観測点全点の日毎の座標値(F2解, Hatanaka et al., 2003)14)をインターネット上で公開している。今回はデータとして主にそれらを用い、Yagi and Kikuchi (2003)15)のインバージョン法によりプレート境界面上のすべりを仮定して非地震性すべり分布の推定を行った。

図15に震源域に近いGPS観測点における座標値の時系列を示す。ここで、原記録に含まれるトレンドと季節変動については、線形・半年周期・一年周期のそれぞれの成分を現記録から推定し、除去している。本震震央に最も近い牡鹿観測点では、本震以降の余効変

動が明瞭にみられる。その変化は本震直後に特に大きく次第に小さくなっており、10月半ば以降はほとんど終息している。2005年12月2日には、本震震央の約10km南東側で最大余震とみられるM6.6のプレート境界地震が発生している。この最大余震後にも本震直後ほど大きくはないものの余効変動が見られる。この変動も最大余震直後には変動速度が大きかったが時間の経過とともに徐々に小さくなっている。

2005年8月17日以降のデータを用いてインバージョンを行った結果を図16に示す。図には8月17日以後15日間毎に推定されたプレート境界面上の余効すべり分布を示している。なお、11月30日までの期間の次の期間は、12月2日の地震後の余効すべりのみを議論するため、12月3日以降の15日毎の分布を示している。図をみると9月1日までの最初の期間については、本震の西側で余効すべり分布が最大となっているのに対し、9月1日以降の期間については、本震の南西側で最大となっており、余効すべり域が南側に進展していった可能性を示唆している。そもそも本震直後の余効変動の大きさは本震に最も近い牡鹿観測点でも約2cm程度と小さいため、今後推定精度について十分な検討を要するが、図15に示した時系列において、東西成分と南北成分の変位速度の時間変化を比較すると、南北成分のほうがより緩やかに減衰しているようにも見えることから、上記で述べたような余効すべりの南進は、実際に起きている現象と考えられる。

図16の10月1日から11月30日の期間では、解析領域の北側で西向きすべり(正断層運動に相当)が推定されているが、これについては、インバージョンに使用した変位データ(図17)を見ると、この期間に北側の観測点で西向きの変位が卓越していることによると思われる。一方で震源域に近い観測点では殆ど変位がゼロの状態であることから、この期間の変位場に系統的な誤差が含まれている可能性が考えられる。誤差要因としては、季節変動除去方法や、GPSの基線解析方法に起因するものが考えられるが、今後の検討を要する。

12月3日以降の余効すべり分布を見ると、9月1日から10月1日までの分布と同じような場所で最大となっている。気象庁(2006)16は地震波形インバージョンにより12月2日の最大余震時のすべり分布を推定しているが、どちらの場合も震央周辺で最大となるような分布が得られている。このことは、12月2日の最大余震をきっかけとして一旦終息しかけていた余効すべりが、再活動したことを示唆するものと考えられる。図18には図15で示した4観測点について、観測された変位と推定された余効すべり分布から計算された変位の比較を示す。

図19には2005年8月17日以後、および12月3日以後の余効すべり分布の45日間の積算値を示す。図14に示した本震時のすべり分布と比較すると、一部は重なっているものの、最大余効すべりの位置は、本震時の最大すべりの位置の南側に位置している。すなわち、余効すべりは本震時のすべりと相補的に分布しており、同様の現象は1996年の日向灘地震(Yagi and Kikuchi, 2003)15)や1994年三陸はるか沖地震(Yagi et al., 2003)17)、2003年十勝沖地震(例えば 油井, 2005)18)でも報告されている。2003年十勝沖地震の余効

すべりは本震の破壊域の東西に分布しているのに対し、今回の余効すべりは南側だけに分布しているが、これについては、本震の北側に未だ固着状態にあるアスペリティが存在していることによる可能性も考えられる。なお、GPS解析により推定されたモーメント解放量は8月17日以降の45日間で $2.8 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw6.9)、12月3日以降の45日間で $6.7 \times 10^{18} \text{Nm}$  (Mw6.5)、両者を合わせると、 $3.5 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw7.0)であり、前節で述べたGPSによる推定値 $6.5 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw7.1)や地震波形インバージョンによる推定値 $8.9 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw7.2) (Yaginuma et al., 2006)3)と比較すると本震による解放量の40~50%に相当する。

図20に2005年宮城県沖地震の余震域およびその周辺域のM-T図を示す。図を見ると本震域の南隣で本震発生後に地震活動が活発化しているように見える。特にM3以上の中規模地震の数が増えている様子がわかる。また、図21に示した積算個数の変化を見ても南隣の領域で本震発生後に地震の個数が増えているように見える。一方いずれの図でも北隣の領域では地震前後に変化はない。このような地震活動の変化が本震の南西側で発生した余効すべりに関連している可能性が考えられる。

東北大学では相似地震解析によってプレート境界上の準静的すべりの推定を行っている。Uchida et al. (2005)19)は、2005年十勝沖地震後に推定された準静的すべりとGPSにより推定された余効すべりを直接比較し、両者が概ね対応していることを示した。図22に示したように、今回GPSによって推定された宮城県沖の余効すべり域において相似地震活動が特に活発化した傾向は今のところ見られていない。これは、発生している余効すべりの大きさが5cm程度と小さいことが原因かもしれない。ただし、図に示した地震前後の5.5ヶ月の期間で発生した相似地震の数は本震前が10個であるのに対して本震後は19個であったことから、より広域でみると相似地震活動が若干活発化の傾向を示している可能性も考えられる。

上に述べたように、GPS観測データから顕著な余効すべりがあったことが示された震源域の南西側の領域では、本震発生後に地震活動が活発化していることがわかったが、この傾向は、2005年8月26日の地震の本震・余震の詳細な震源決定に使用した海底地震計のデータを詳細に解析したところ、本震発生に先行して始まっていたらしいことがわかった。海底地震計では、本震の震源域とその周辺で発生した多くの小さな地震が捉えられており、その中には陸上地震観測網では捉えられないようなものも多く含まれている。そこで、海底地震計の連続記録に対してイベント検出を行い、気象庁カタログに掲載されていないような小さな地震も含めた微小地震の活動度の変化を調べた。イベント検出は各OBSの記録に対してSTA/LTA比を計算して行った。3点以上のOBSで同時にイベントが検出された部分について、検出作業を行い、3点以上でP波到達時刻を読みとることができ、S波のデータとあわせて震源を決定することができたものについて、震央分布と日別の地震発生個数の時間変化を調べた。

図23はこのようにして決定した微小地震の震央分布を示す。また、OBS観測開始の7月13日以来の累積個数を図24に示す。すると、M7.2の地震が発生するよりも6日前あたり

から、地震の発生レートが増加していることが分かる。次に、どの領域が顕著に増加しているのかを調べるため、同様な積算個数を震央位置別に3領域で調べてみた(図24)。今回の解析で検知できた微小地震の多くが観測網の南側領域(領域C)で発生したものであり、この領域内で発生した地震の発生レートは、全地震が示すのと同様な時間変化を示す。その一方で、総地震個数の少ない観測網の北側の領域では、地震発生レートの変化があったかどうかはよく分からない。

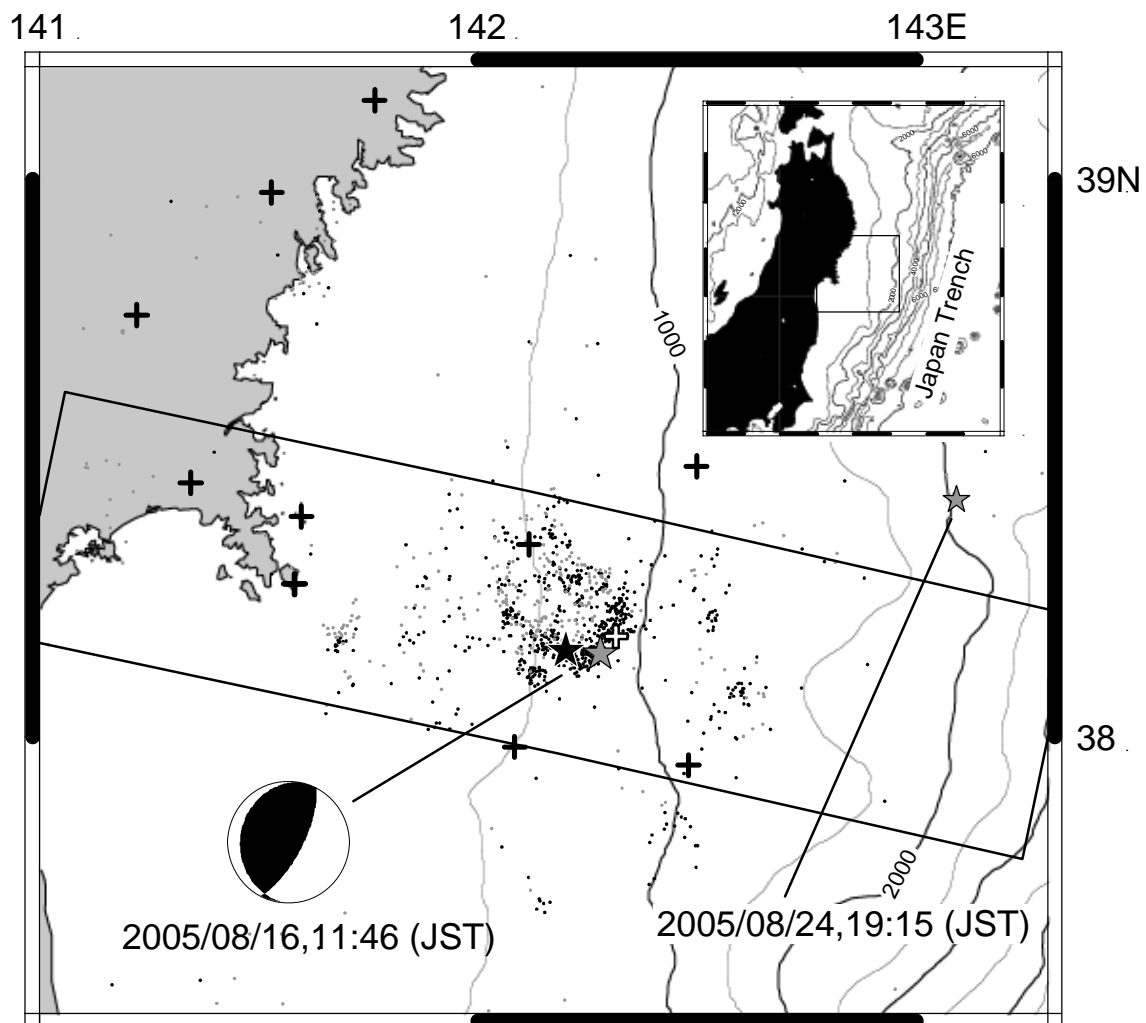


図 1 2005 年 8 月 16 に宮城県沖で発生した地震の本震・余震の震央分布図。灰色星および丸は気象庁一元化カタログによる本震および余震の震央。黒星・点は図中十字印で示した海陸地震観測点のデータを用いて再決定した本震と余震の震央。本震の発震機構解は、F-net のモーメントテンソル解による 1)。余震は 8 月 24 日に余震域のはるか北東側で地震が発生するまでの間のものをプロットした。

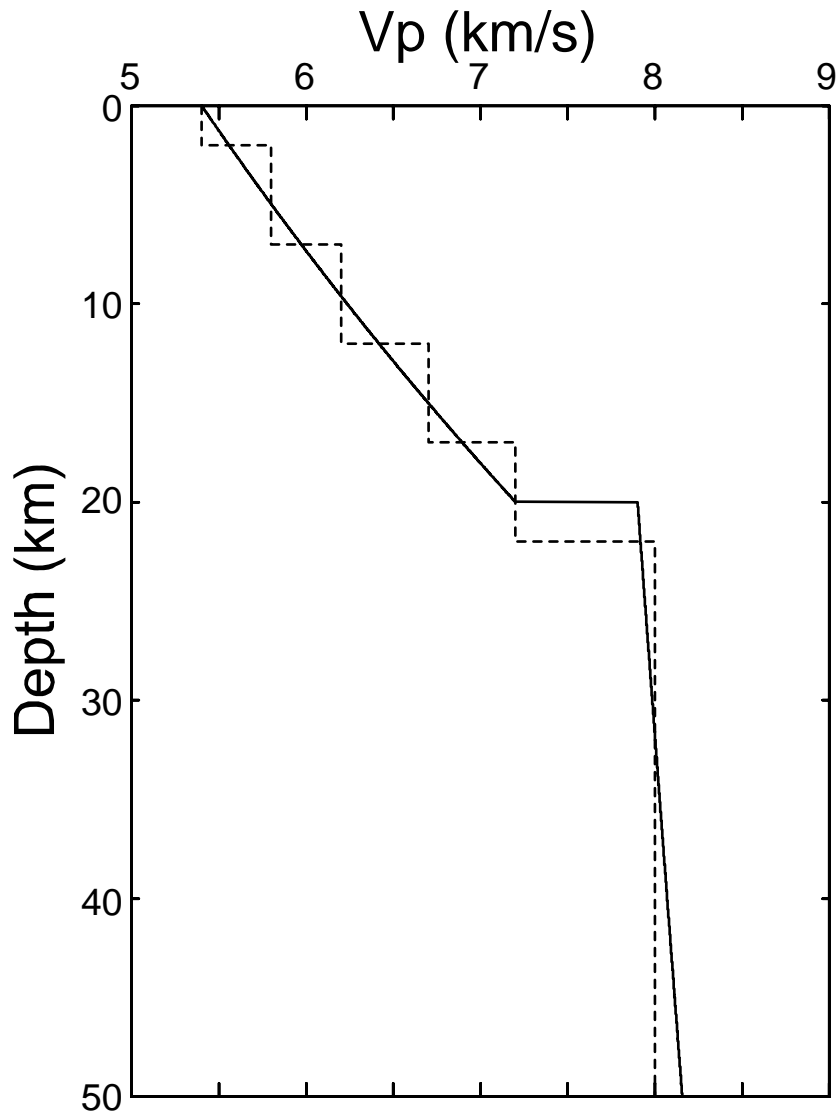


図 2 震源決定に用いた P 波速度構造モデル。実線は絶対走時を用いた通常の震源決定に用いたもの。破線は double difference 震源決定法による再決定を行うときに仮定した速度構造。いずれの場合も、 $V_p/V_s$  を 1.73 と仮定した。



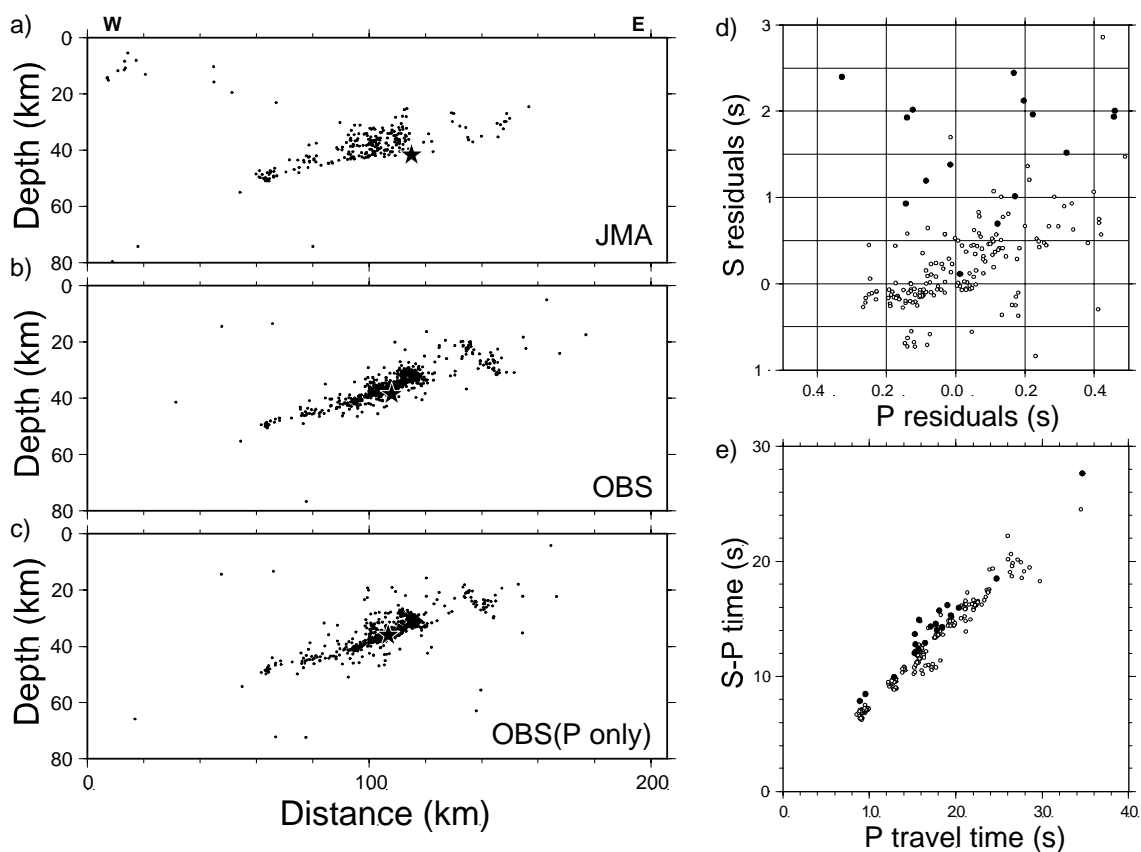


図3 2005年宮城県沖地震の余震の深さ分布および走時残差の分布。a) 気象庁一元化カタログによる震源深さ分布。星印は本震。b) OBSデータを加えた再決定による。c) P波データだけを用いた再決定による。d) 本震とその周囲2km以内の余震についてのP波とS波の走時残差の関係。黒丸は本震、白丸が余震に対するもの。e) d)で示した地震に対するP走時とS-P時間の関係。

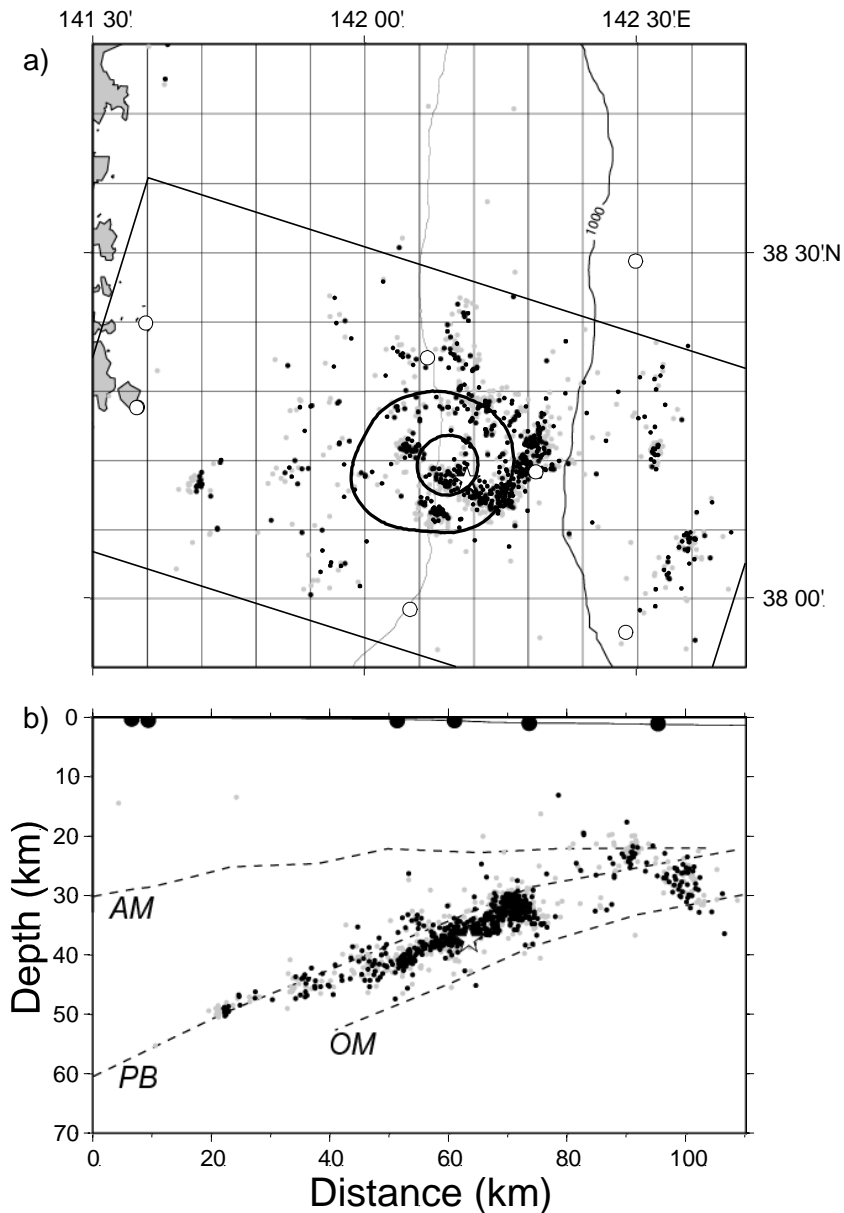


図4 海底地震計のデータを加えて再決定された2005年宮城県沖地震の本震および余震の震源分布。a)震央分布。本震の震央を星印で示す。灰色および黒丸は、余震（本震発生から8月24日まで）の震央。絶対走時を用いて求めたものを灰色、DD法によって求めたものを黒丸で示す。白丸は震源決定に使用した観測点の位置。コンターはYaginuma et al. (2006)3)による地震時すべり量分布（コンター間隔は0.3m）。ただし、破壊の開始点が再決定された本震の震央に一致するように全体をシフトして表示している。b)本震および余震の震源深さ分布。震源を示すシンボルはa)と同じ。点線は人工地震波探査により推定された主要な地下境界面の位置（Ito et al., 2005）4）。AM：島弧地殻のモホ面、PB：プレート境界面、OM：海洋性地殻のモホ面

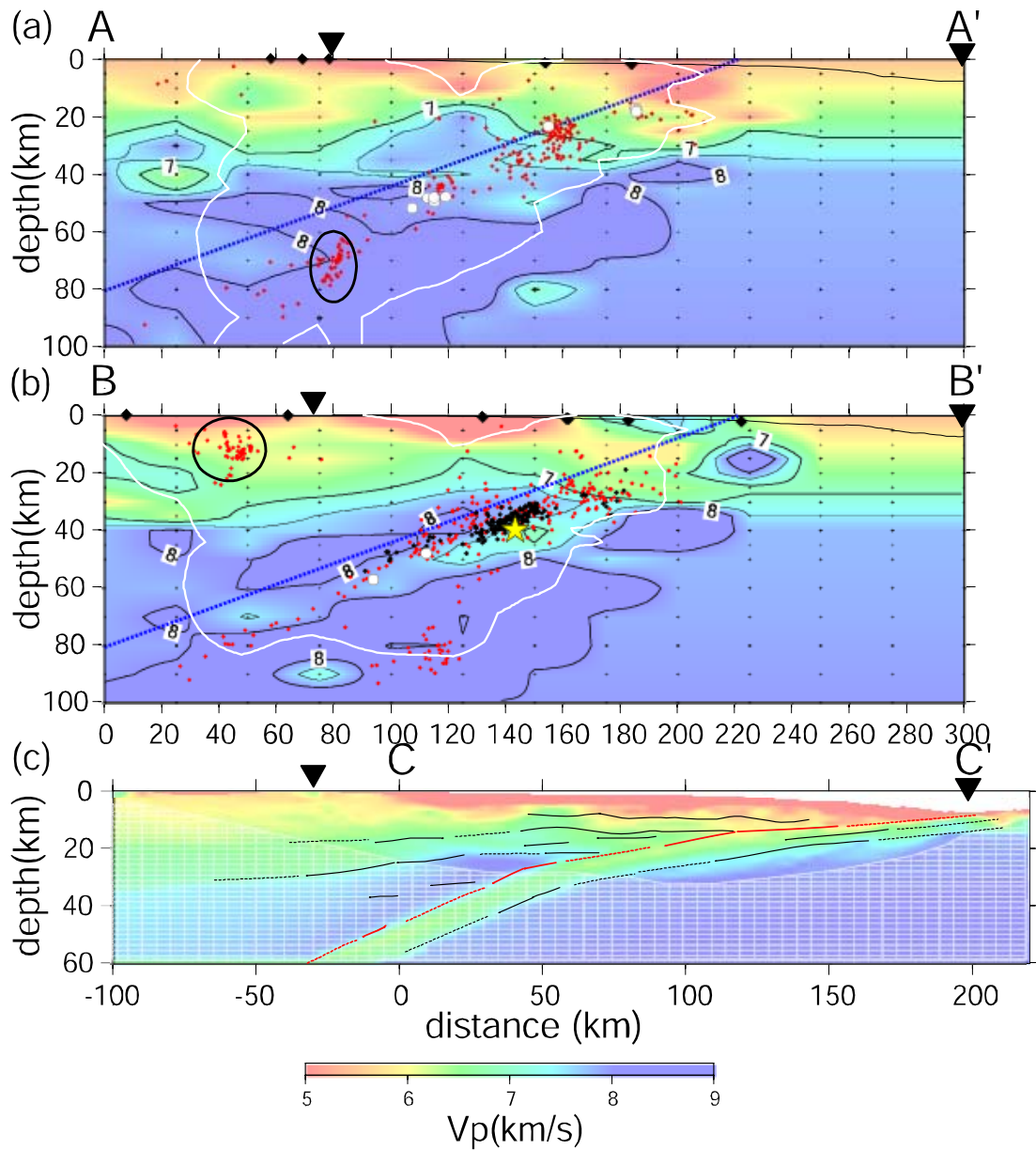


図 5 OBS データを用いた地震波トモグラフィ解析により求められた宮城県沖における 3 次元 P 波速度構造モデル。(a) 1978 年宮城県沖地震のアスペリティより北側を通る海溝軸に直交する断面。(b) アスペリティ内を通る断面。(c) Ito et al., (2005) 4) の人工地震探査による断面。赤丸はトモグラフィ解析で構造と同時に求められた震源の位置。白丸はそのうちで相似地震 (Uchida et al., 2003) 20) に対応するもの。(b) 中の黄色星と黒丸は 2005 年宮城県沖地震の本震とその余震の震源を 3 次元構造モデルを用いて再決定したもの。各図上の黒の逆三角は海溝軸と海岸線の位置を示す。青点線を通る面に沿った速度分布を図 6 に示す。

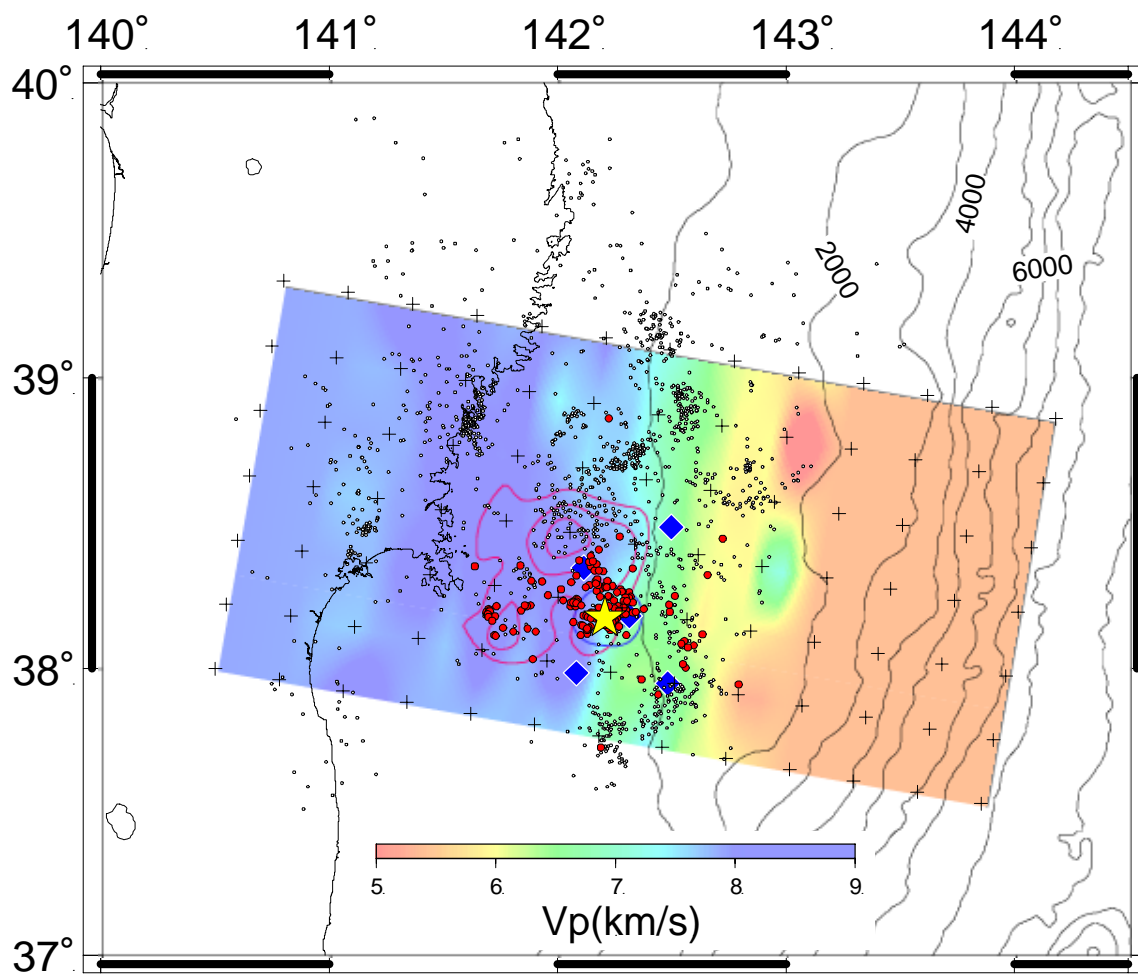


図6 図5中の青点線で示した面に沿った速度分布。赤および青のコンターは Yamanaka and Kikuchi (2004)7)および Yaginuma et al. (2006)3)による 1978年および 2005年宮城県沖地震の地震時すべり量分布。黄色星と赤丸が 2005年の地震の本震と余震。黒丸はトモグラフィ解析に用いた地震の震央。Yamamoto et al. (2006)5)による。

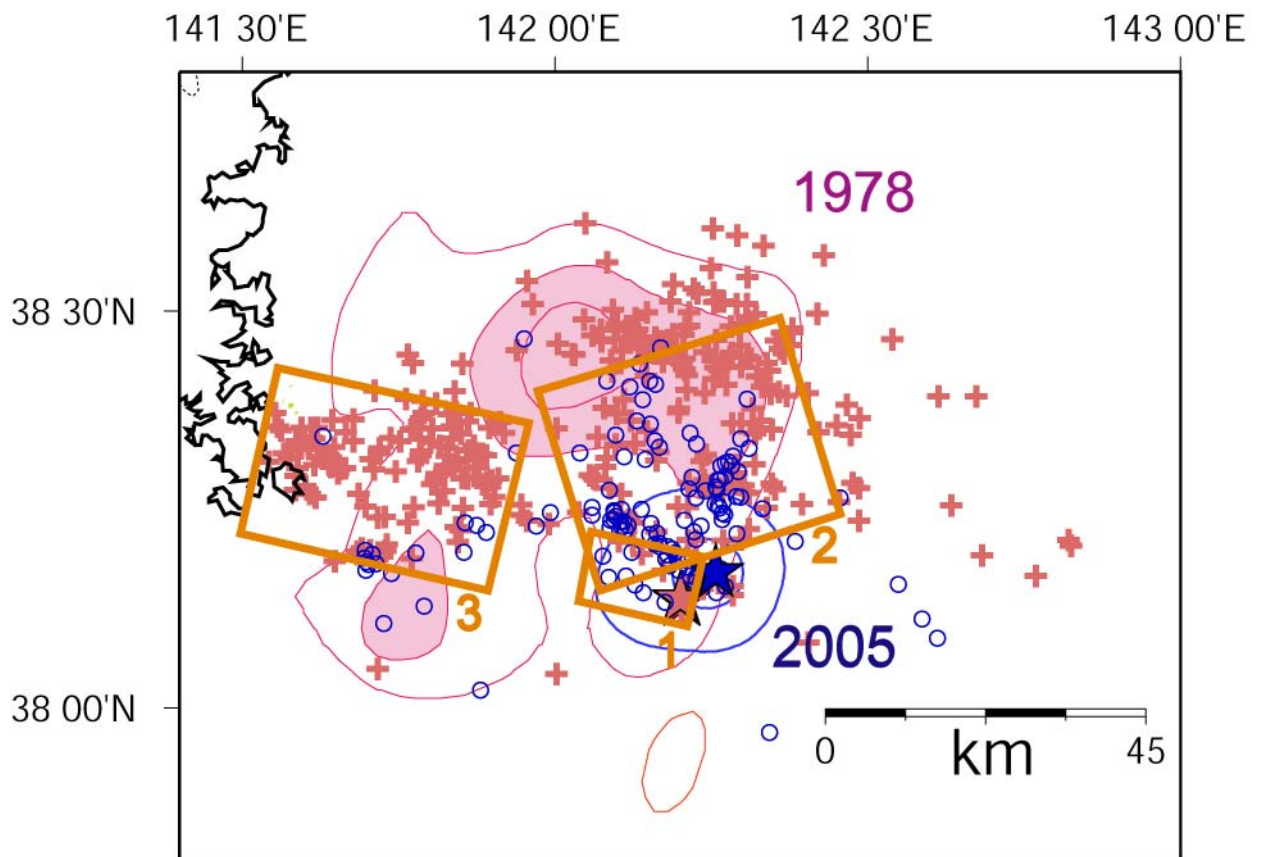


図 7 1978 年宮城県沖地震 (M7.4) と 2005 年の宮城県沖の地震 (M7.2) との比較。赤十字印と青丸印はそれぞれ DD 法によって再決定された 1978 年と 2005 年の地震の発生後 2 日間の余震の震央分布を示す (Okada et al., 2005) 6)。赤星は 1978 年、青星は 2005 年の本震の震央を表す。また、赤色コンターと青色コンターはそれぞれ Yamanaka and Kikuchi (2004) 7) が推定した 1978 年の地震と Yaginuma et al. (2006) 3) が推定した 2005 年の地震のすべり量分布を表す。橙色矩形は Seno et al. (1980) 8) の 3 セグメント震源断層モデルを表す。

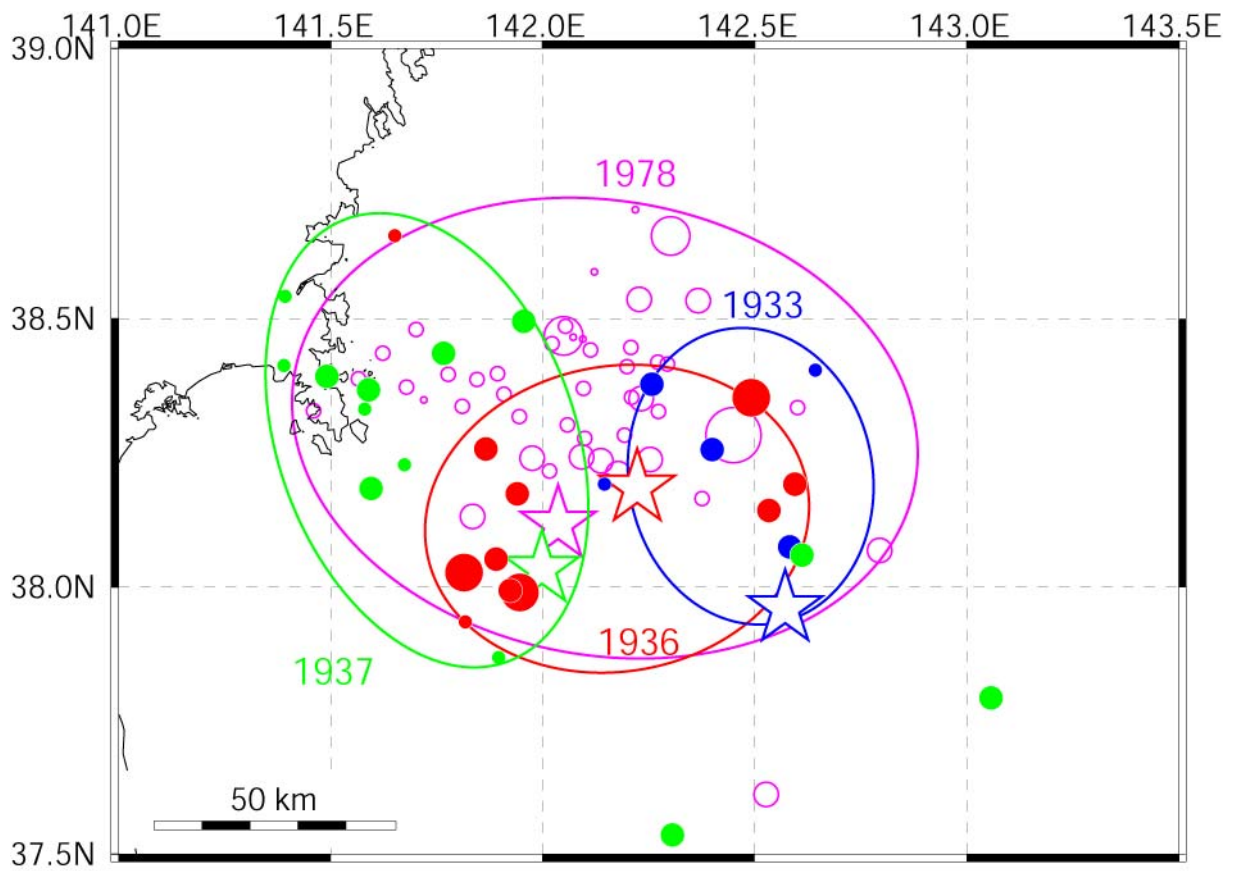


図 8 1933 年、1936 年、1937 年および 1978 年の宮城県沖地震の本震（星印）と余震（丸印）の再決定された震央分布（Umino et al., 2006）11）。地震の震源の深さをプレート境界に固定してグリッドサーチにより推定された震央分布。

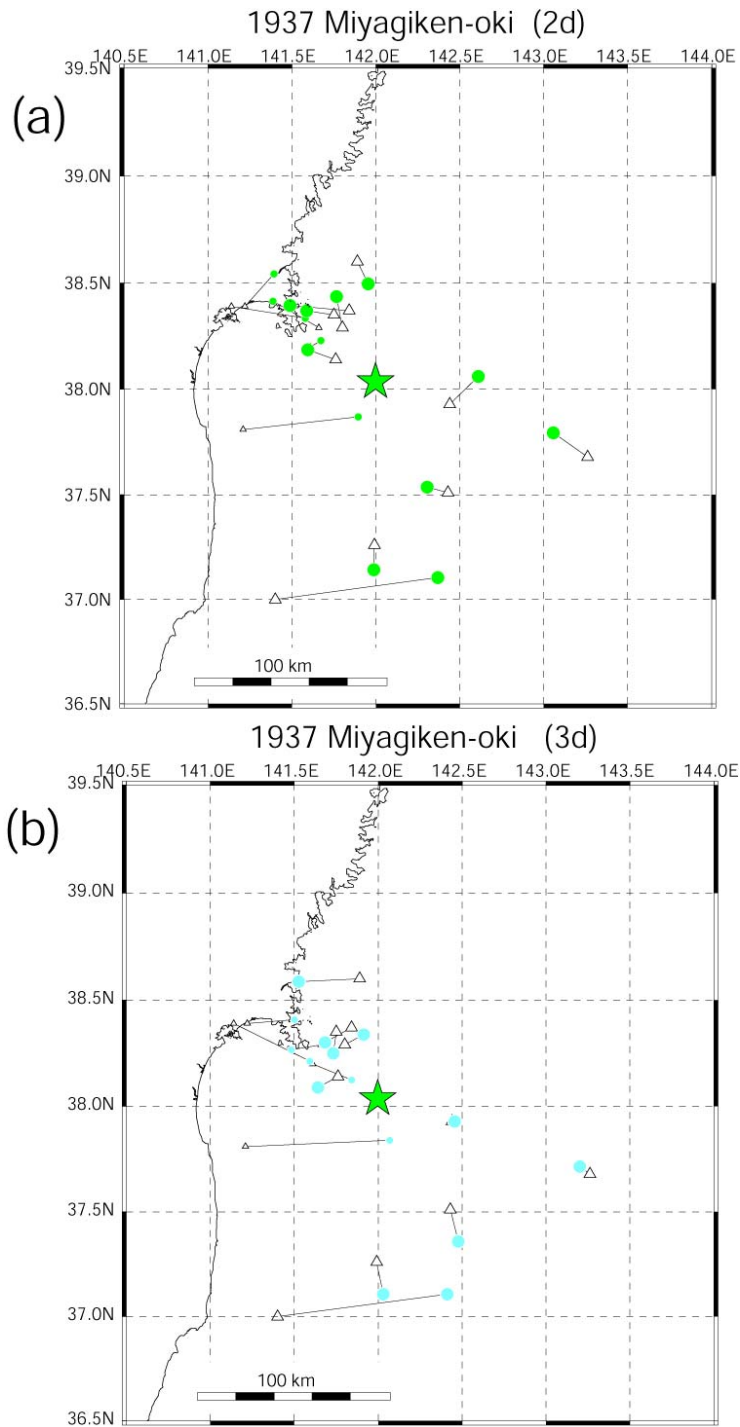


図9 1937年の宮城県沖地震の震央分布。気象庁地震カタログ掲載のS-P時間と、水沢観測所および向山観測所のすず書き記録から験測したS-P時間を用いて、グリッドサーチ法で震源決定を行った。星印は本震、丸印は再決定した本震後1ヶ月間の余震、三角印は気象庁による震央を表す。(a)震源の深さをプレート境界に固定して、震央位置を推定した結果。(b)グリッドを3次元に配置して、震源位置を推定した結果。グリッド間隔は2km。ただし、本震位置は深さを固定して求めたものを示す。

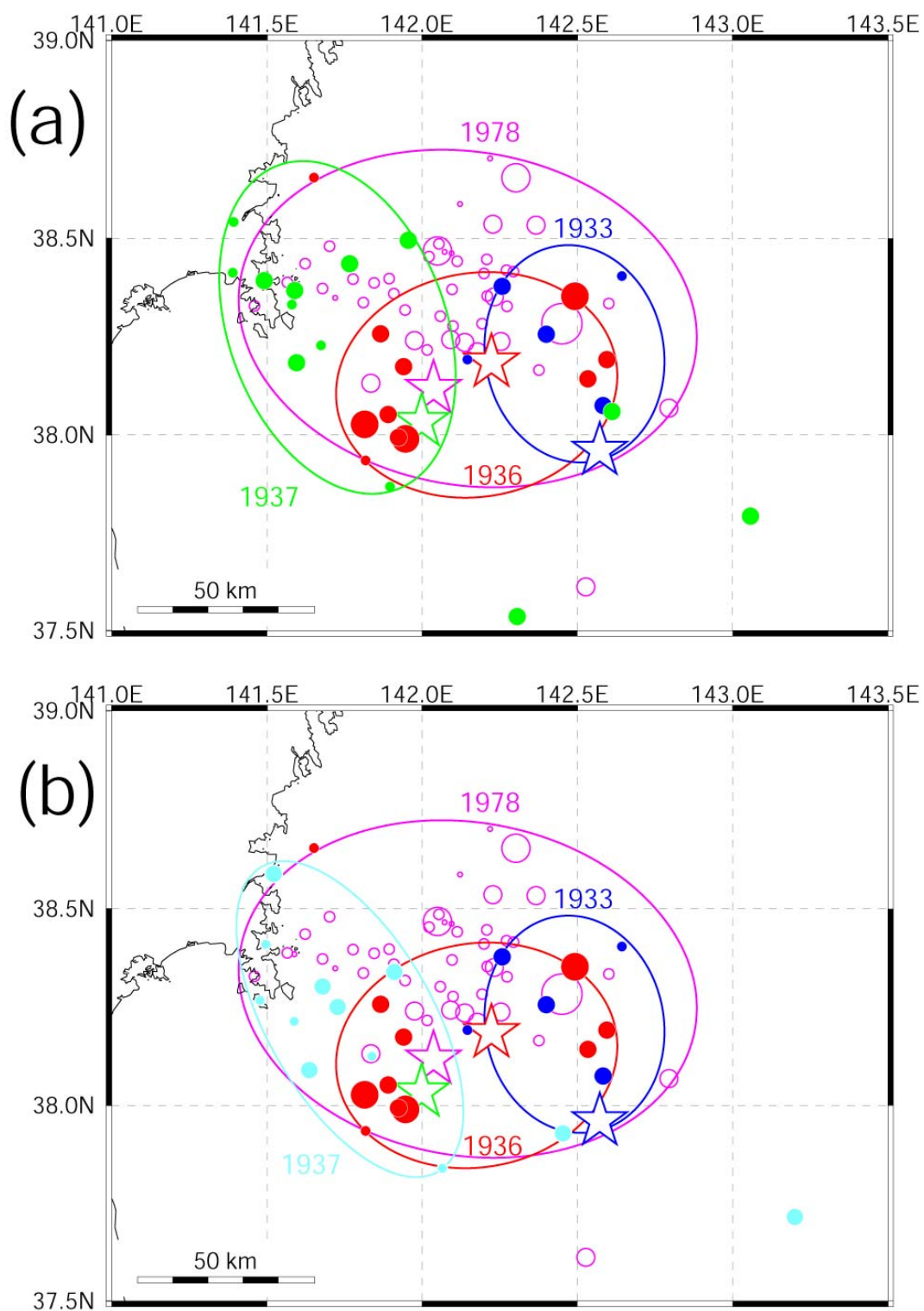


図 10 1933 年、1936 年、1937 年および 1978 年の宮城県沖地震の本震（星印）と余震（丸印）の震央分布。(a)地震の震源の深さをプレート境界に固定して推定された震央分布。(b)1937 年の余震（水色の丸印）のみを 3 次元グリッドサーチ法で震源決定した結果。



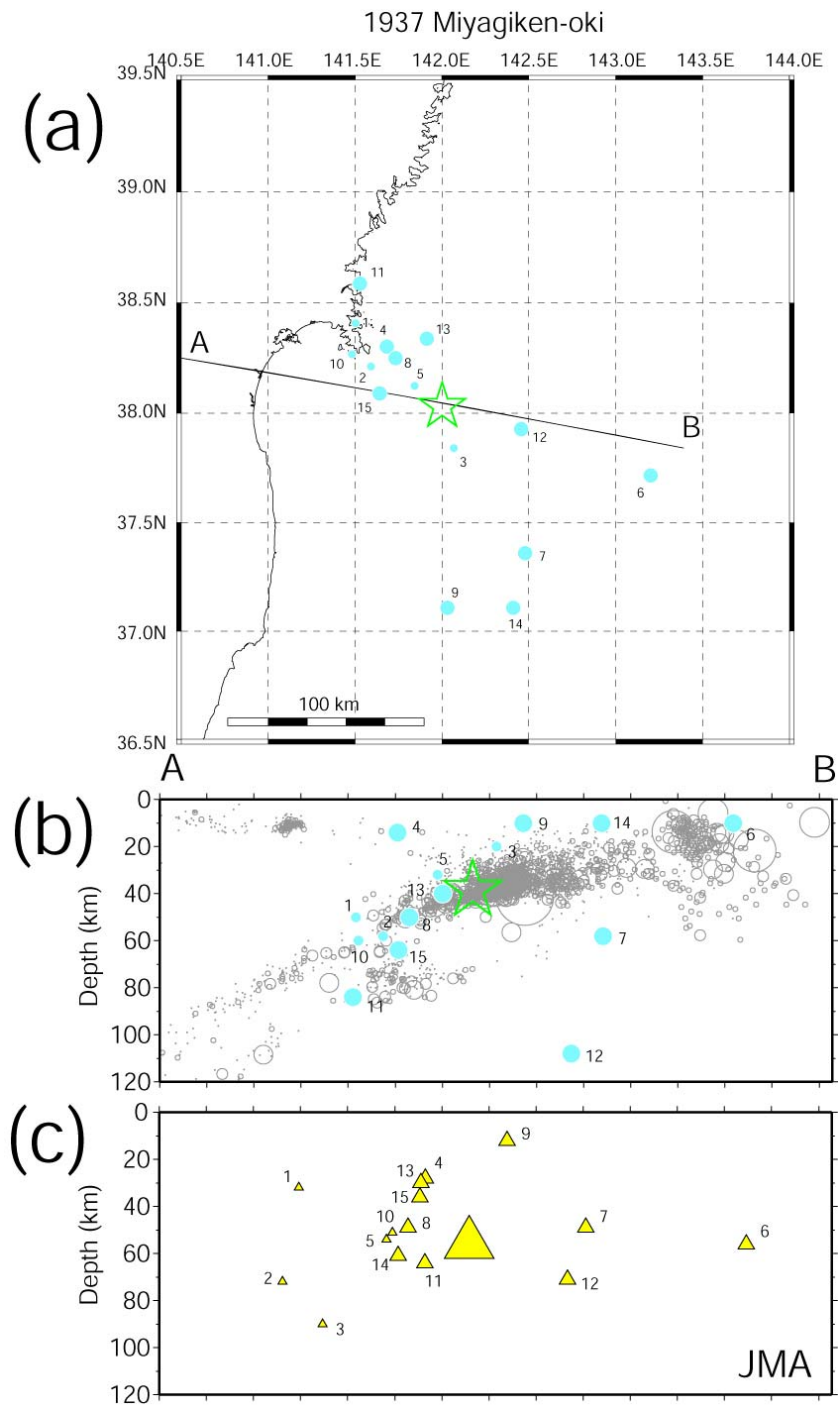


図 11 再決定された 1937 年宮城県沖の地震の余震の震源分布。グリッドを 3 次元に配置して、S-P 時間の残差の RMS が最小になる位置を求めた。数字は発生時刻順に付けた地震番号。本震（星印）だけは深さをプレート境界に固定して推定した結果を示す。(a)震央分布。AB は断面図の位置を示す。(b)再決定された余震の深さ分布。灰色丸印は 1 元化震源（2004 年 8 月 15 日～2005 年 11 月 16 日、北緯 37.5 度～38.5 度）の深さ分布を表す。(c)気象庁カタログによる深さ分布。

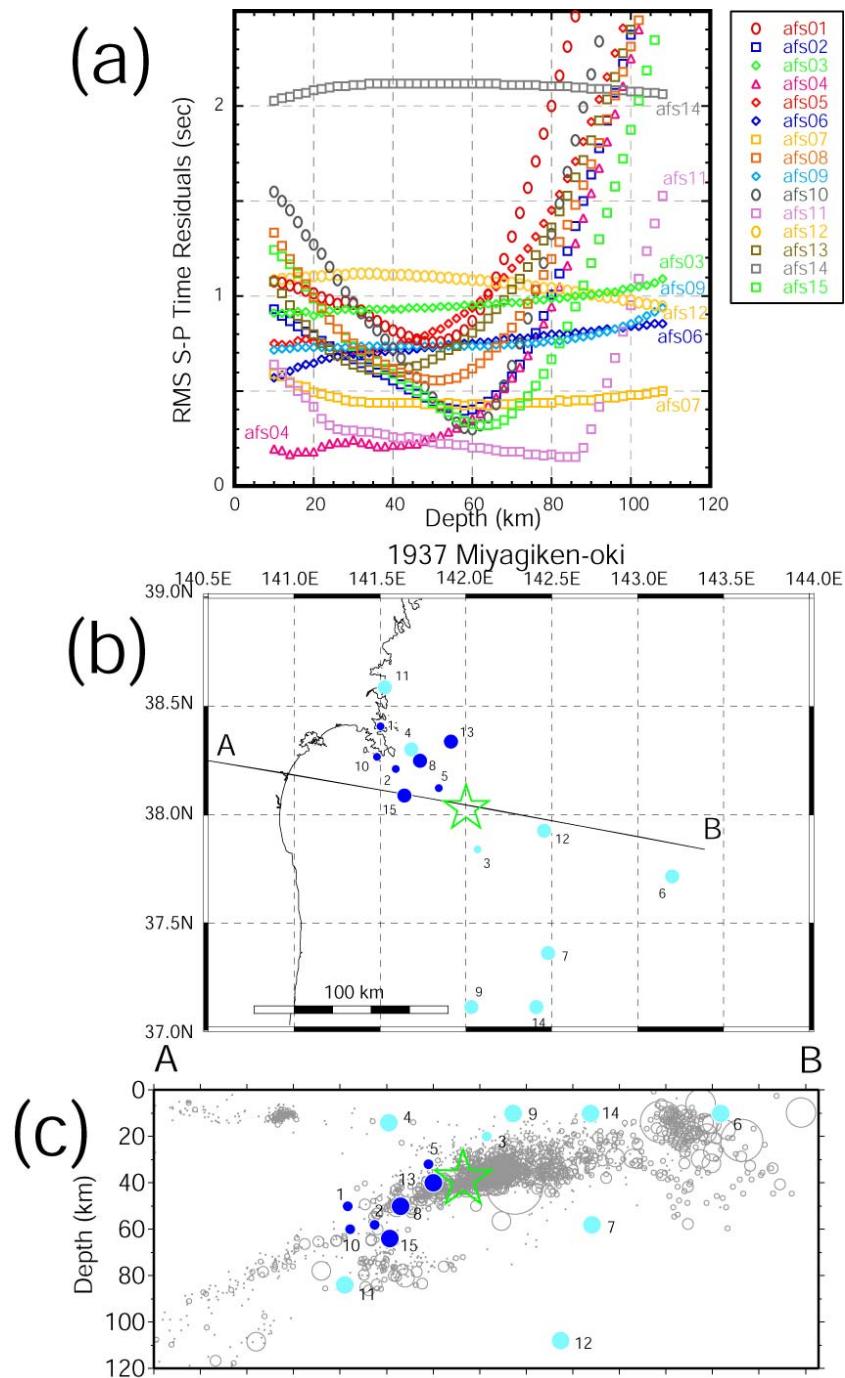


図 12 1937 年宮城県沖地震の余震の再決定。(a) 1937 年宮城県沖地震の余震の S-P 時間残差の深さ変化。それぞれの余震の震源を 3 次元グリッドサーチで決定したときの、各深さでの残差の RMS の最小値を示す。数字は発生時刻順に付けた地震番号。(b) 震央分布。本震 (星印) だけはプレート境界に固定して推定。青丸印は精度良く震源が求められた余震を示す。AB は断面図の位置。(c) 再決定した余震の深さ分布。他は図 1 1 に同じ。

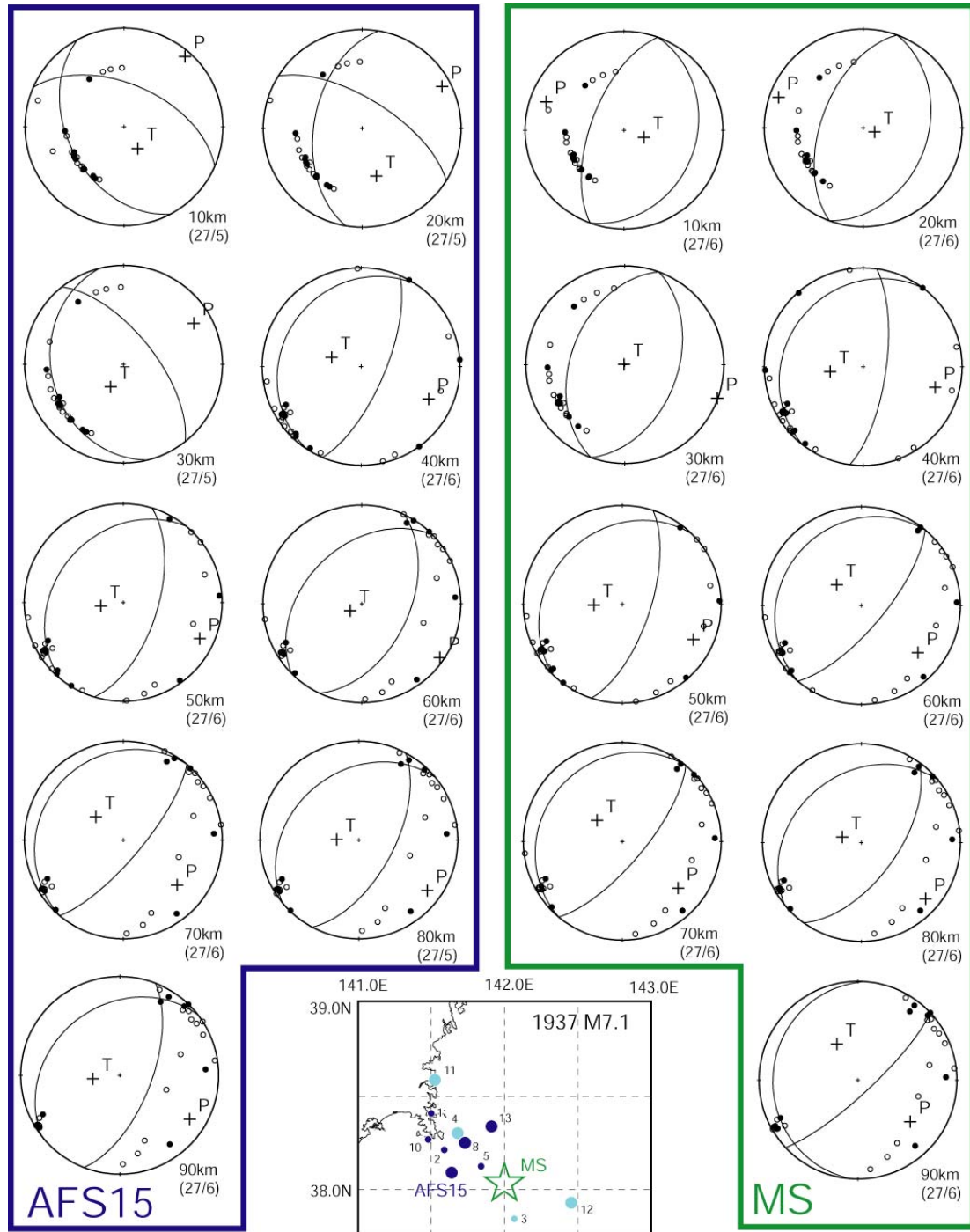


図 13 1937 年宮城県沖地震の本震のメカニズム解。気象庁カタログ記載の P 波初動データを用いて推定した。震央を、再決定された本震 (MS : 緑色星印) の位置と余震 (AFS15 : 青丸印) の位置に仮定した場合のそれぞれについて、震源の深さを変化させた時のメカニズム解の変化を下半球等積投影で示す。括弧内の数字は P 波初動データの数 / エラーの数を表す。震源が MS で浅い場合に Down Dip Compression となるが、その他は低角逆断層型となっている。

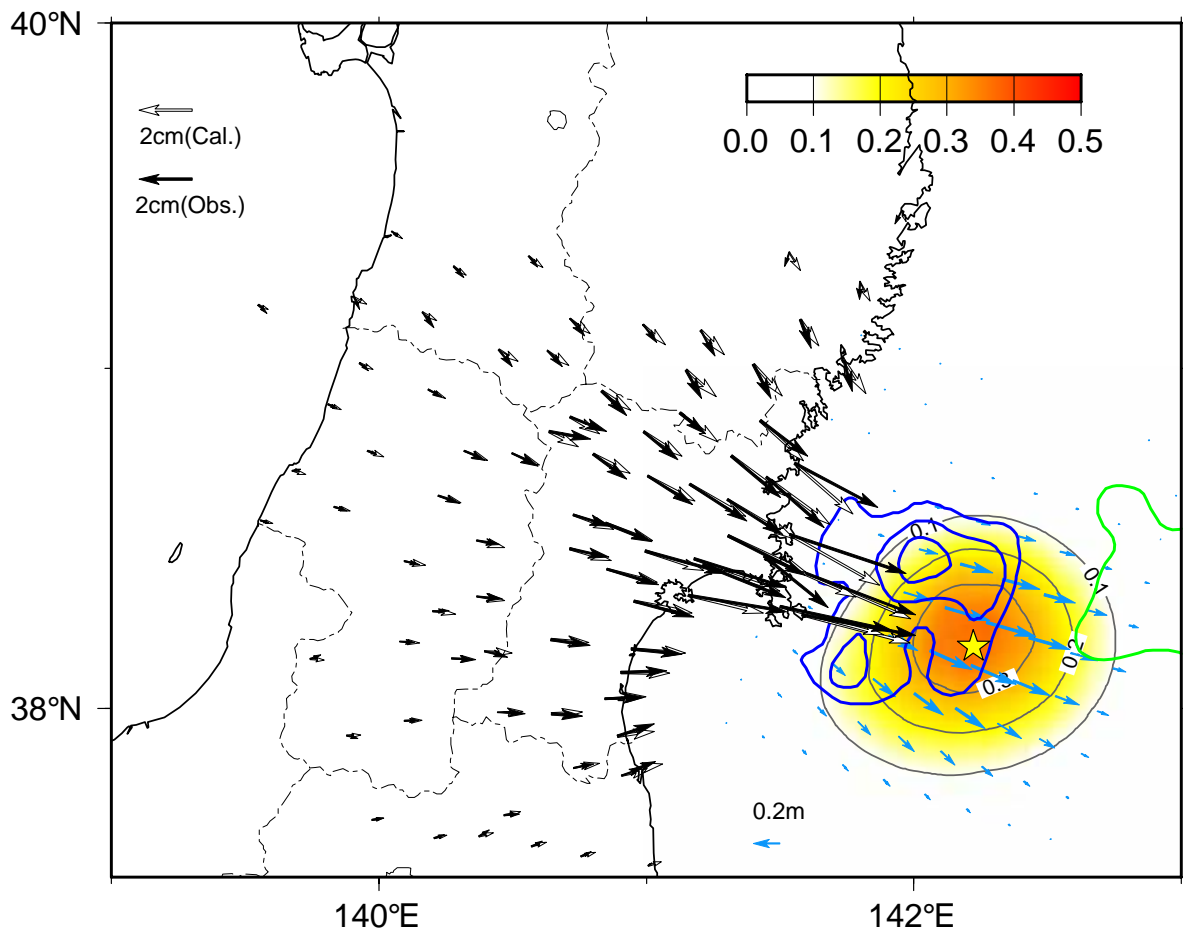


図 14 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖地震(M7.2)に伴って観測された地震時地殻水平変動(黒矢印)と推定された地震時すべり分布(青矢印・コンター)。白矢印は、推定された地震時すべり分布から計算された変位を示す。地震時すべり分布(青矢印)は上盤側の変位で示す。黄色の星印は本震震央を示す。青、緑のコンターは、Yamanaka and Kikuchi (2004)7)により推定された 1978 年(M7.4)、および 1981 年(M7.0)の宮城県沖地震のすべり分布を示す。

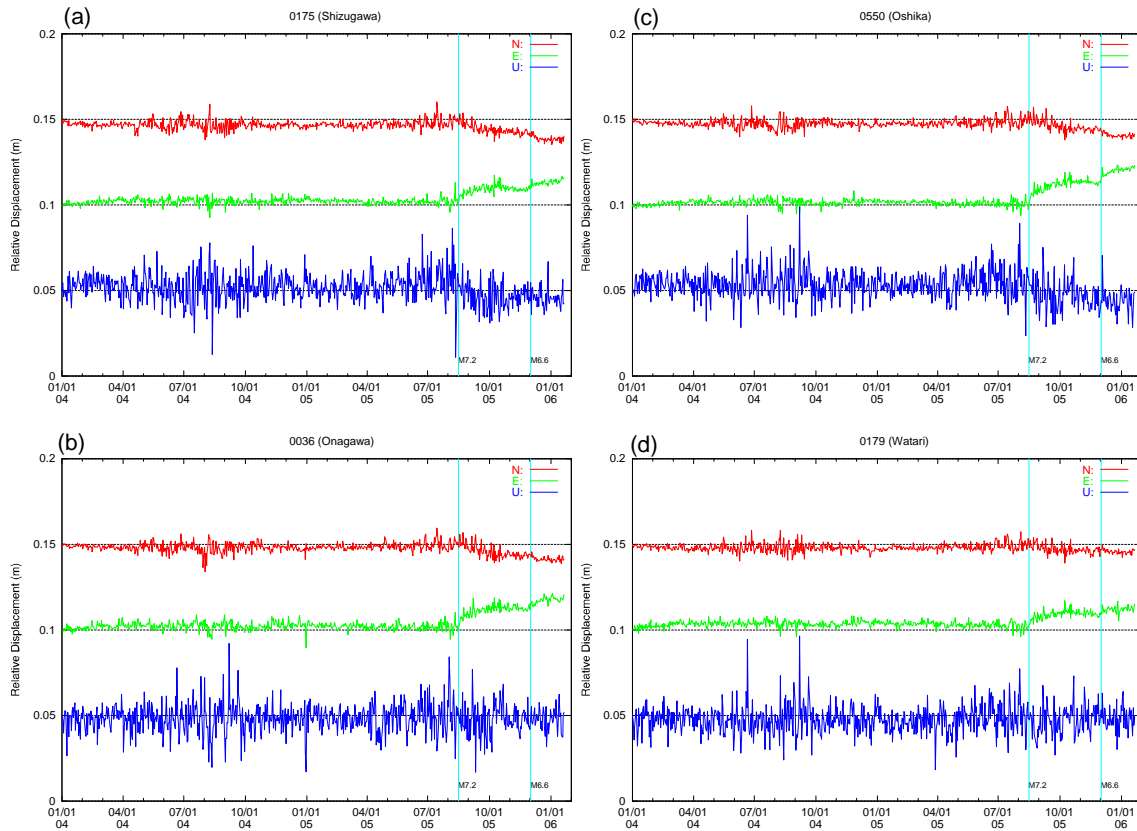


図 15 GEONET 観測点における 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖地震 (M7.2) 前後の局位置変化の例。(a) 志津川、(b) 女川、(c) 牡鹿、(d) 亶理。2004 年 1 月から本震発生直前までの F2 解を用いてトレンドと年周・半年周成分を推定し、F2 解から差し引いたものを示す。赤、緑、青は、それぞれ北、東、上方向の変位を示す。

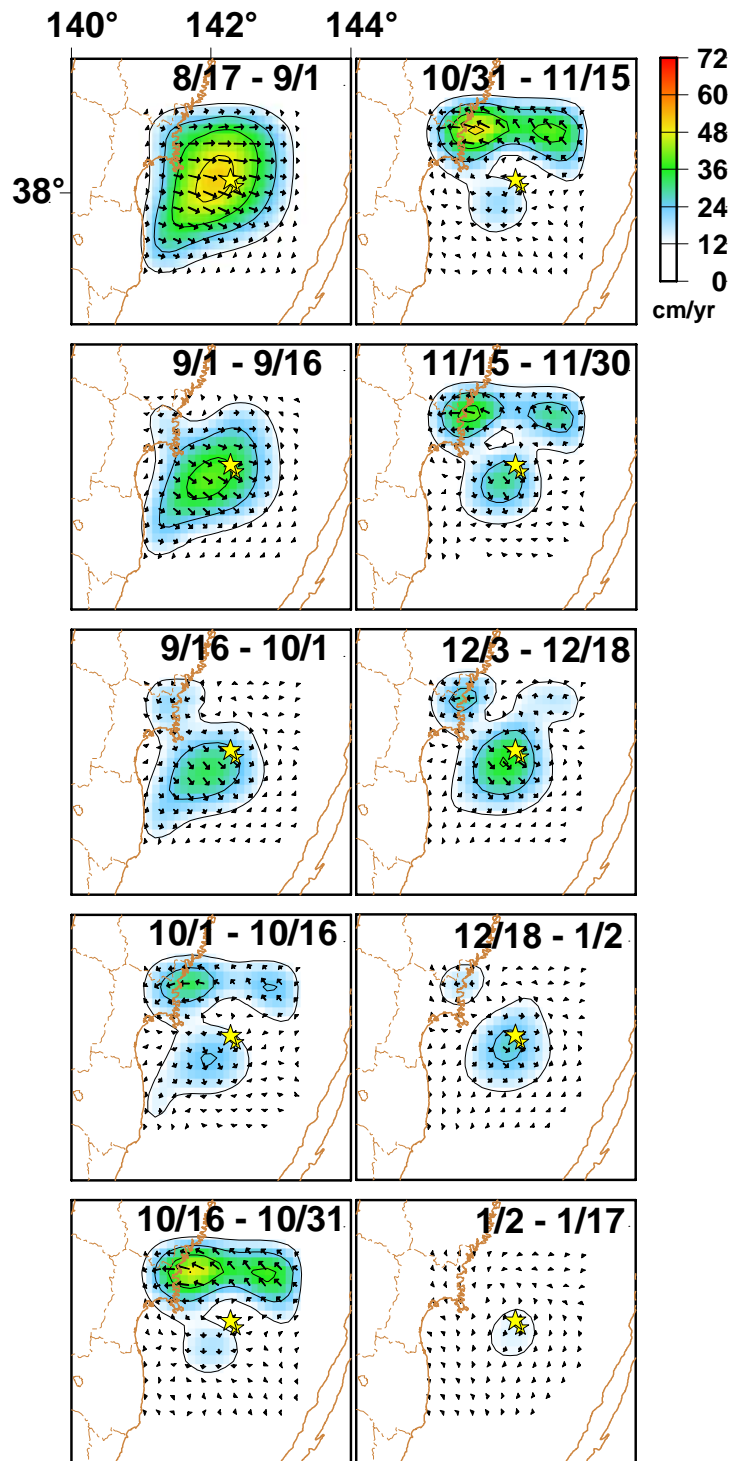


図 16 GPS 連続記録インバージョン(Yagi and Kikuchi, 2003) 15) によって推定されたプレート境界面上の余効すべりの時空間発展のスナップショット(15 日毎の変化分)。期間は 2005 年 8 月 17 日から 2006 年 1 月 17 日まで。コンター間隔は 12 cm/yr。8 番目以降のパネルは 12 月 3 日以降の余効すべりのみを表示させるため 3 日間ずらして表示してある。大小の星印はそれぞれ 2005 年 8 月 16 日 (M7.2) および同年 12 月 2 日 (M6.6) の地震の震央を示す。

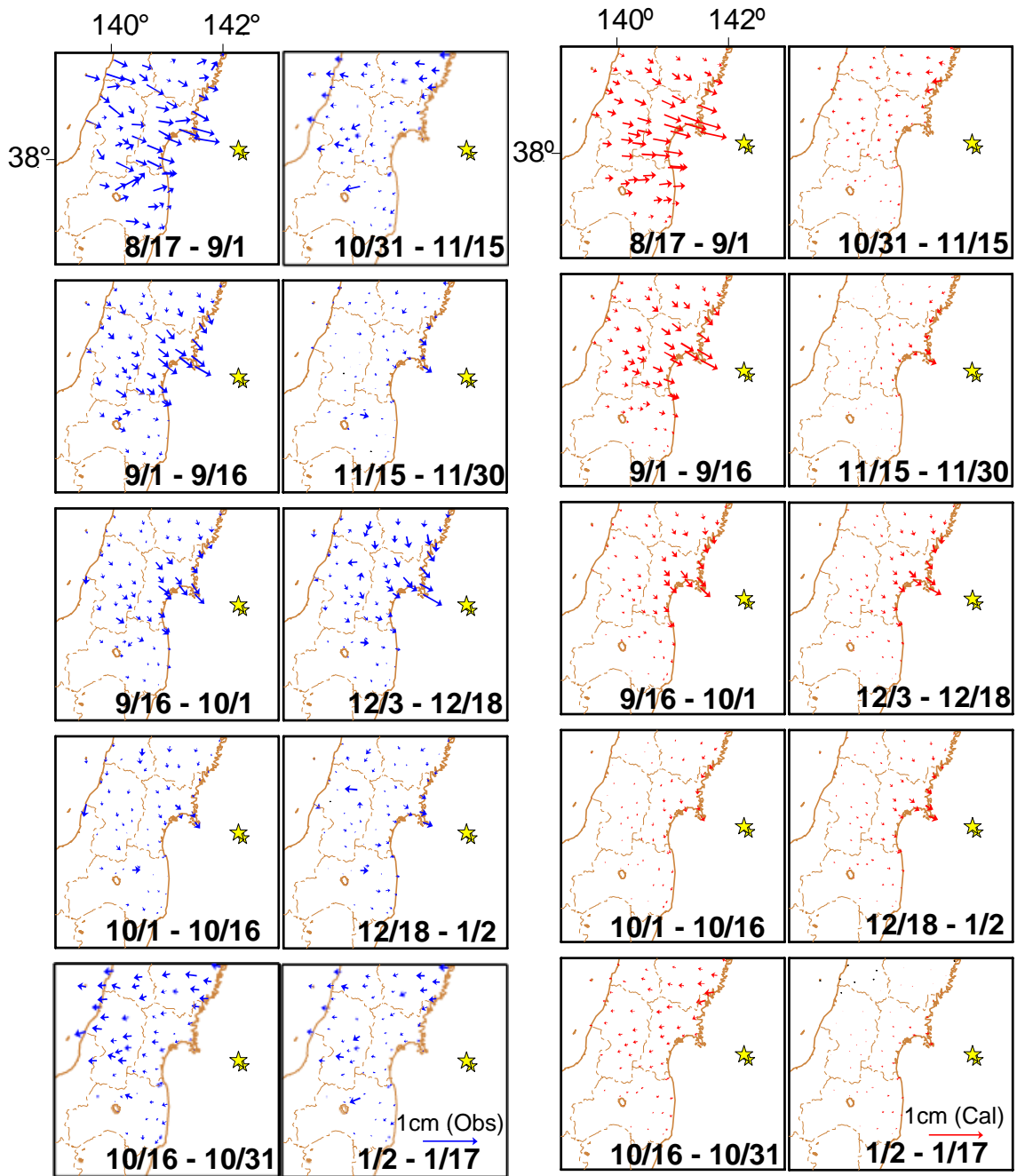


図 17 各 GEONET 観測点における 15 日毎の変位(左)と推定された余効すべり分布 (図 3・32) から計算された変位(右)。大小の星印はそれぞれ 2005 年 8 月 16 日 (M7.2) および同年 12 月 2 日 (M6.6) の地震の震央を示す。

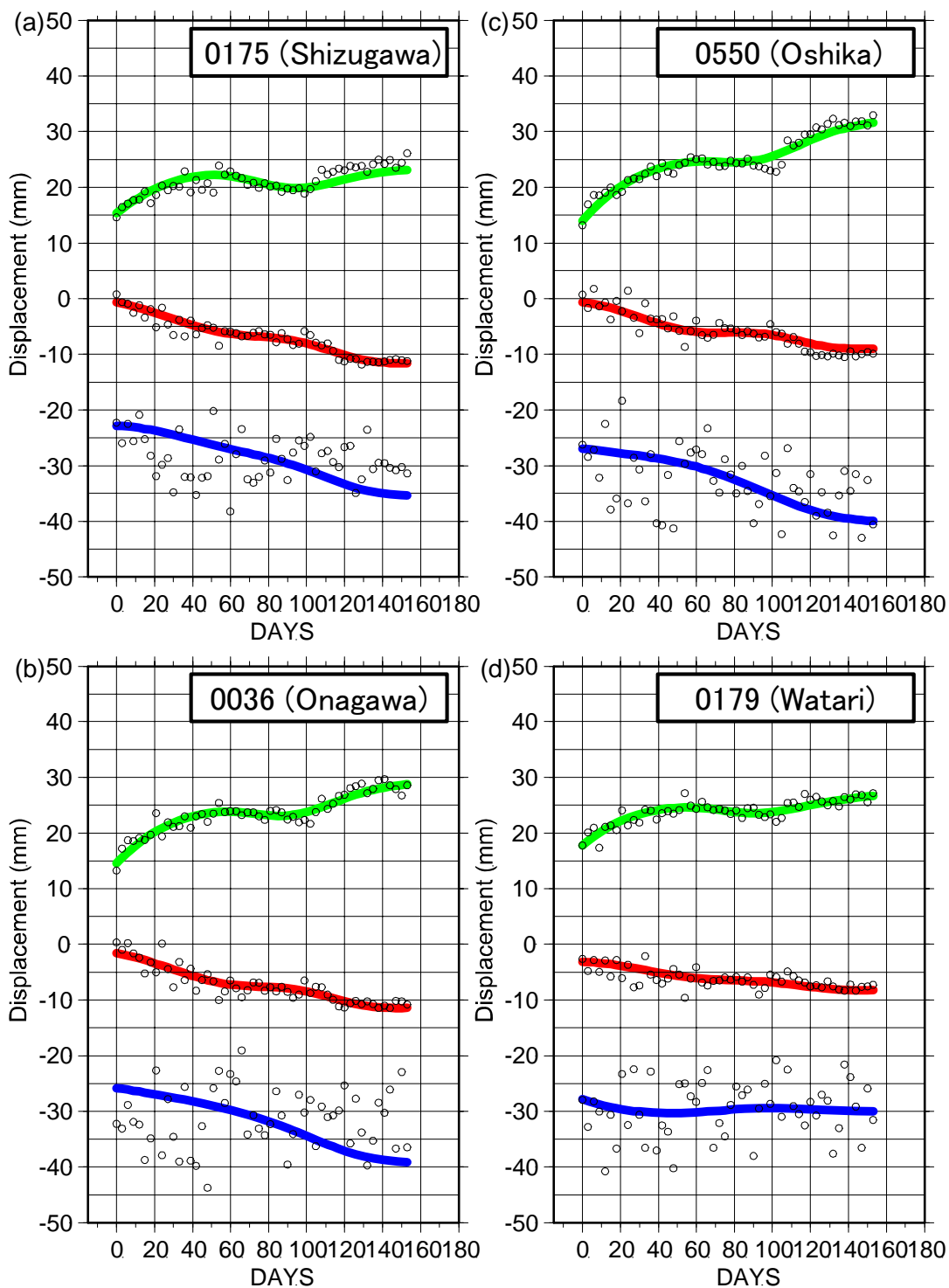


図 18 GEONET 観測点における 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖地震 (M7.2) 後の局位置変化 (白丸) と推定された余効すべり分布 (図 16) から計算された変位。上から東 (緑)、北 (赤)、上 (青) 方向の変位を示す。横軸は 2005 年 8 月 17 日からの日数で示す。観測値は 3 日間の移動平均で示してある。(a) 志津川、(b) 女川、(c) 牡鹿、(d) 亘理。



# Cumulative Aseismic Slip

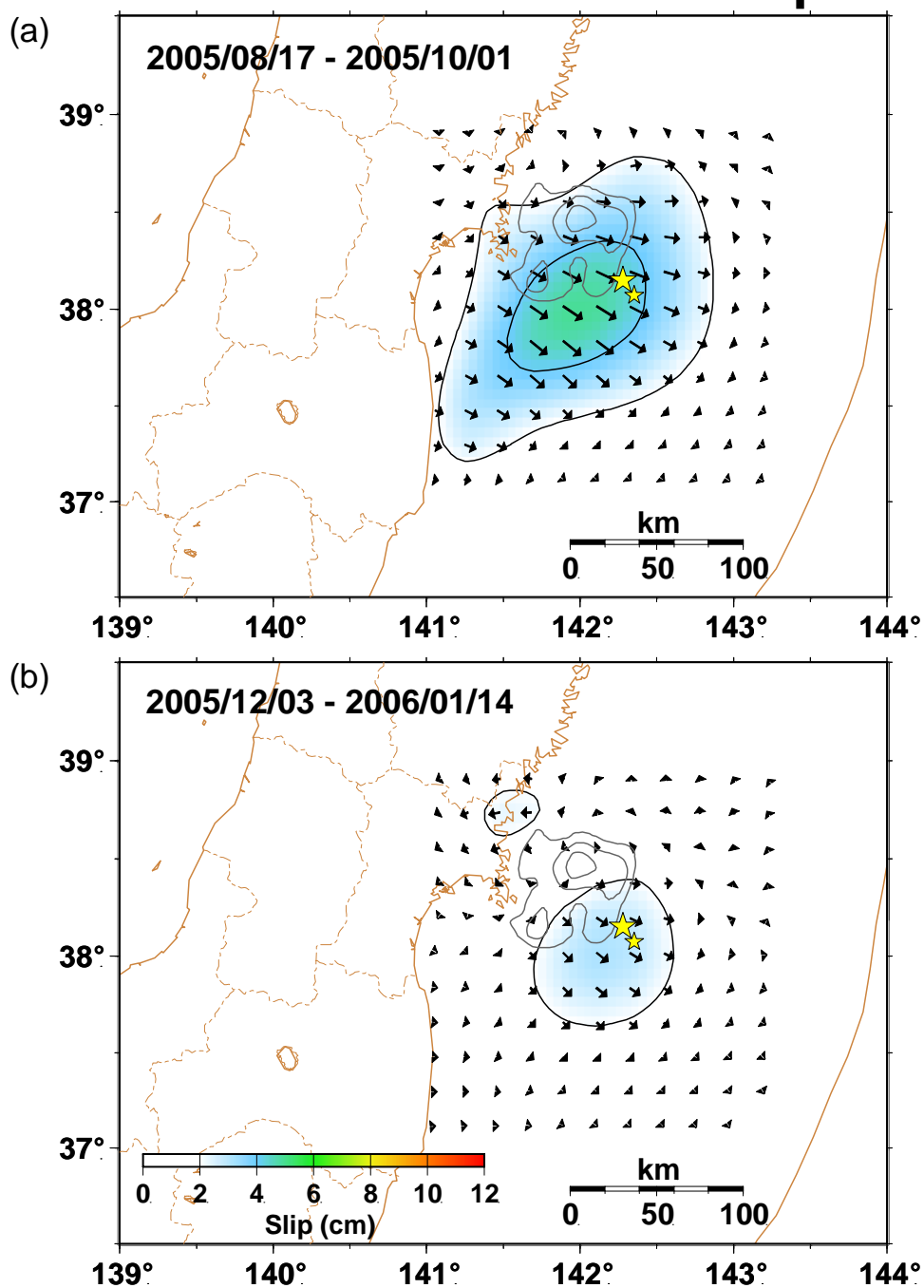


図 19 GPS連続記録インバージョン(Yagi and Kikuchi, 2003)15) によって推定されたプレート境界面上の余効すべり (45 日間の積算値)。コンター間隔は 2 cm。(a) 2005 年 8 月 17 日から 2005 年 10 月 1 日まで。この期間のモーメント解放量は  $2.8 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw6.9)。 (b) 2005 年 12 月 3 日から 2006 年 1 月 17 日まで。この期間のモーメント解放量は  $6.7 \times 10^{18} \text{Nm}$  (Mw6.5)。大小の星印はそれぞれ 2005 年 8 月 16 日 (M7.2) および同年 12 月 2 日 (M6.6) の地震の震央を示す。

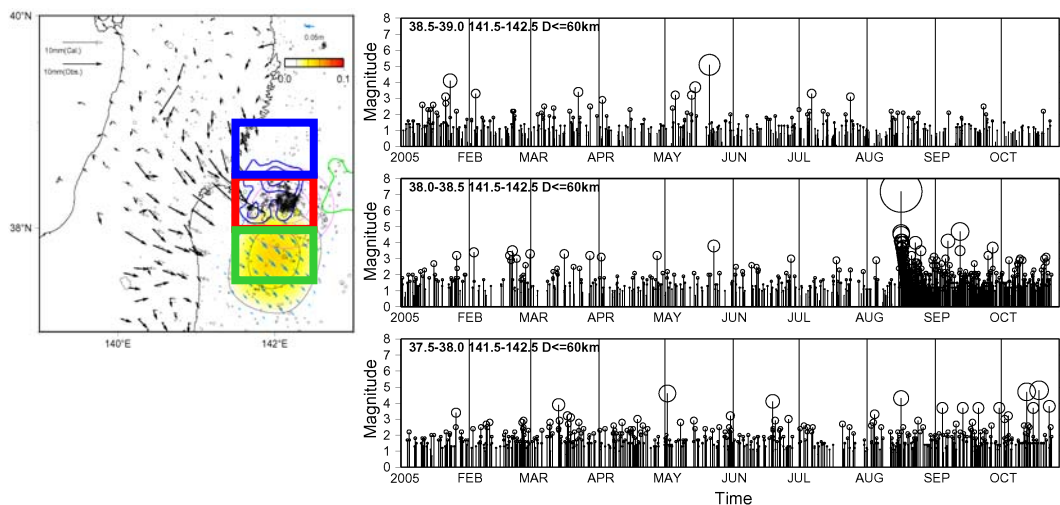


図 20 2005 年宮城県沖地震の余震域およびその周辺域の M-T 図。右の上から余震域北隣(北緯 38.5 度～39.0 度、左図青の領域)、余震域(北緯 38.0 度～38.5 度、左図赤の領域)、余震域南隣(北緯 37.5 度～38.0 度、左図緑の領域)の範囲(いずれも東経 141.5 度～142.5 度)に発生した深さ 60km 以浅の地震について示す。

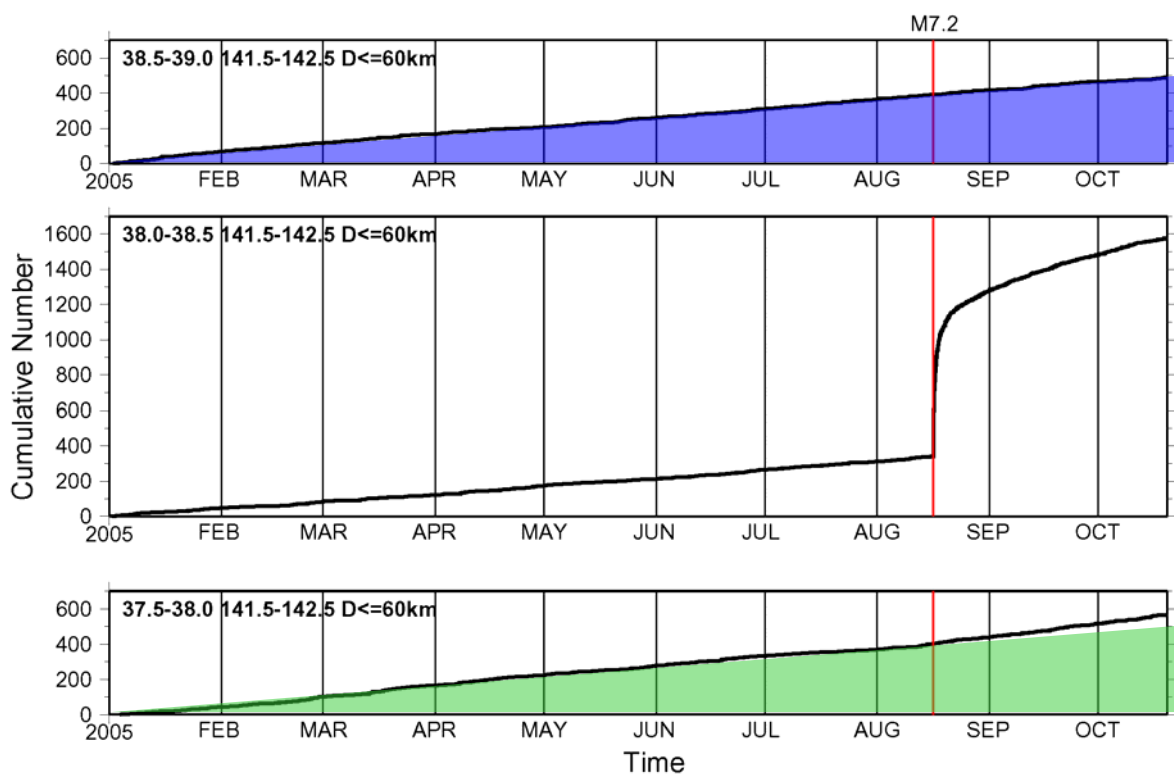


図 21 図 20 で示した各領域における地震の積算個数の時間変化。

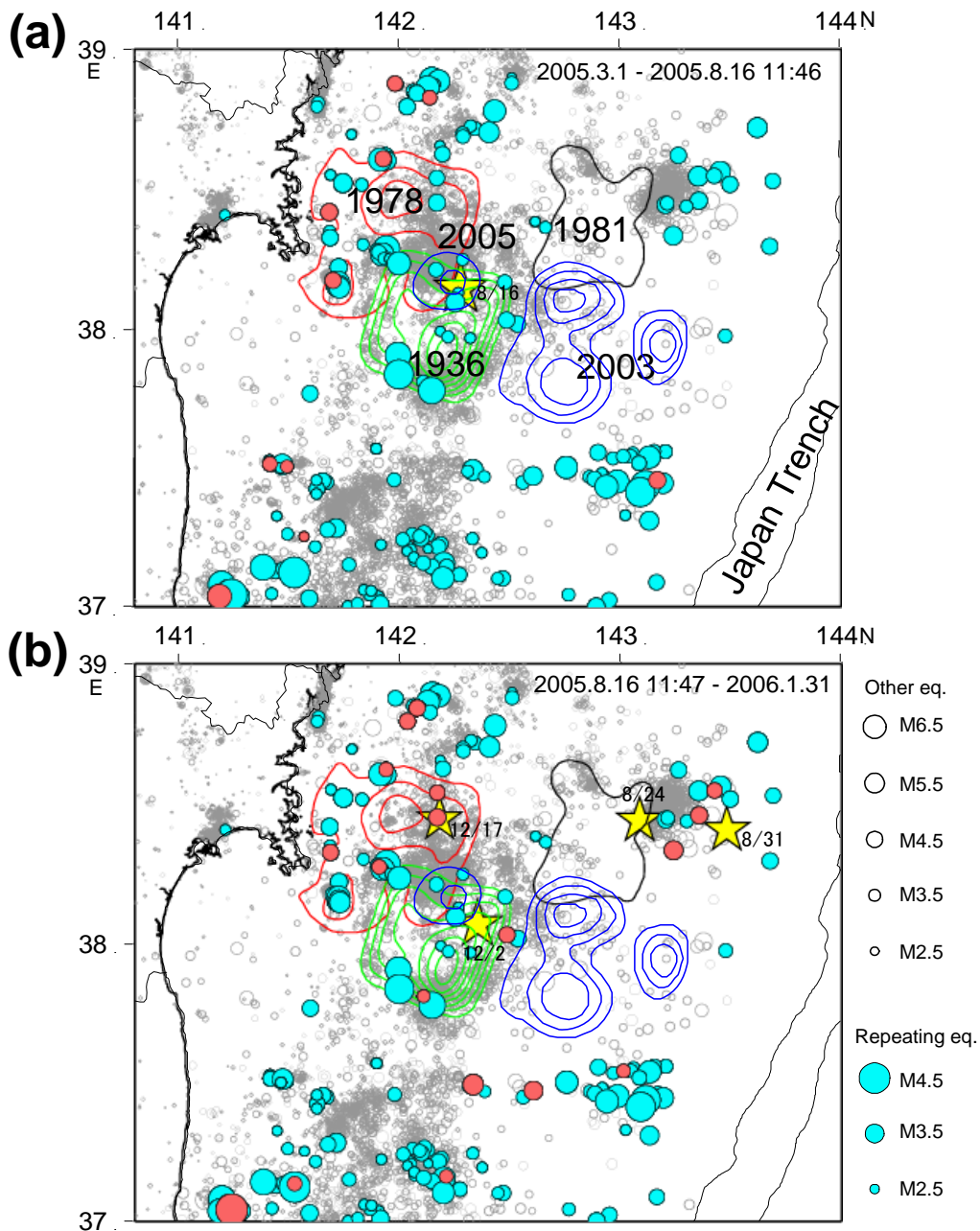


図 22 宮城県沖の相似地震グループの分布(水色丸)。(a)では本震以前の約 5 ヶ月半 (2005 年 3 月 1 日～2005 年 8 月 16 日 11 時 46 分) に活動があったグループ、(b)では本震以降の約 5 ヶ月半 (2005 年 8 月 16 日 11 時 47 分～2006 年 1 月 31 日) に活動があったグループを橙色丸で示す。解析期間は 1984 年 7 月～2006 年 1 月 31 日。相似地震は M2.5 以上の地震について、2-8Hz の波形のコヒーレンスを用以て抽出した。細いコンターは Yamanaka and Kikuchi (2004)7), 山中(2003)21), Yaginuma et al. (2006)3) によるアスペリティを示す。黄色星は各期間の M6 以上の地震、灰色丸は 2005 年 1 月 1 日～2006 年 1 月 31 日に発生した 70km 以浅の地震。震源はすべて気象庁による。

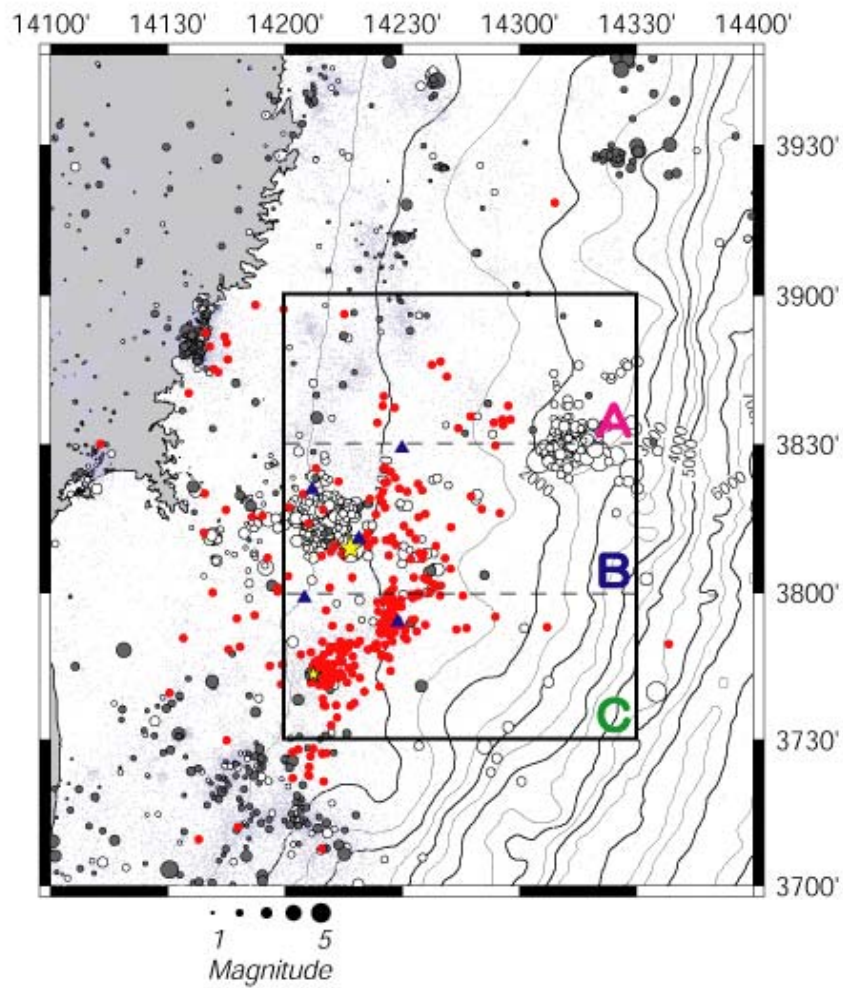


図 23 OBS データにより震源を決定することができたが気象庁一元化カタログには掲載されていない地震の震央分布 (赤)。黒丸と白丸はそれぞれ、本震が発生した 8 月 16 日 11 時 46 分前後の期間の気象庁一元化カタログによる震央分布。A, B, C の各領域内での地震の積算頻度を図 24 に示す。

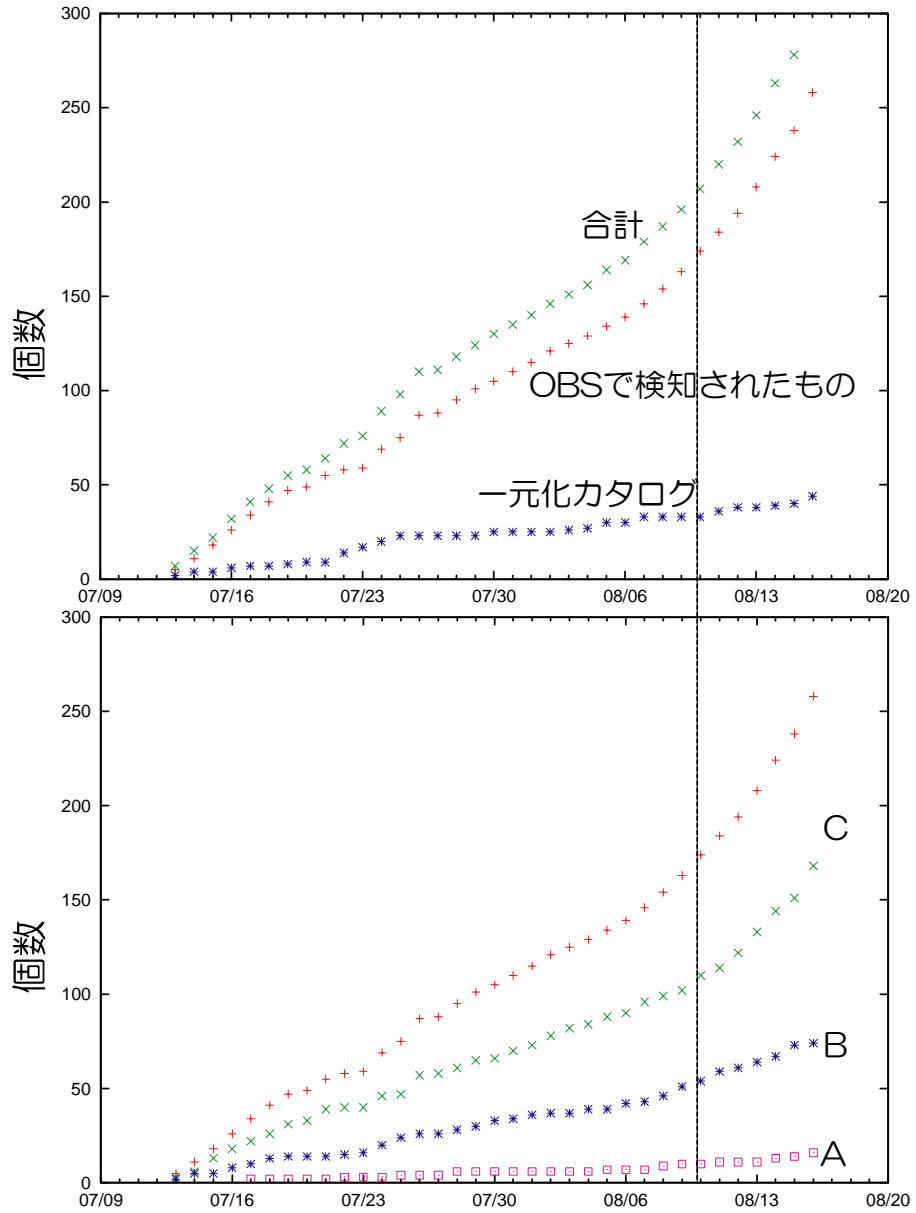


図 24 OBS 観測開始から本震発生直前までに観測された地震の日別積算頻度分布。上図：全領域についてのもの。下図：図 23 に示した A, B, C 各領域内でのもの。

(d) 結論ならびに今後の課題

今年度は、2005年8月16日に宮城県沖で発生したM7.2の地震の破壊域を明らかにするとともに、1978年宮城県沖地震(M7.4)および1930年代に繰り返し発生したM7級の宮城県沖地震の破壊域との位置関係についての検討を進めた。その結果、宮城県沖においてはM7級の地震の破壊域と同程度の大きさをもつアスペリティが複数あって、1978年にはそれらが連動して破壊することによりM7.4相当の地震となったが、2005年の地震は、それらアスペリティのうちの一つが単独破壊を起こしたものであると推定された。したがって、1978年の地震時に破壊したアスペリティのうちいくつかは、2005年の地震では破壊されずに残っており、宮城県沖におけるプレート境界型の大地震の発生ポテンシャルは依然として高いままであると判断される。破壊されていないアスペリティは、1978年と2005年の地震の破壊域の相対位置関係から考えると、2005年の地震の破壊域より北ないし北西側にあつて、2005年の地震の発生後の余効すべり域が南西側にのみ拡大したことをあわせて考えると、これら未破壊のアスペリティにおいては固着した状況が継続していることが想定される。

したがって、次の宮城県沖地震の発生時期と規模の予測の高度化は、未破壊のアスペリティがいつ・どのように破壊するかをいかに正確に評価しうるかにかかっていると考えられる。そのためには、未破壊アスペリティの位置と拡がりを知ることと、固着が小さいと考えられるアスペリティ周囲で進行する非地震性すべりの時空間的な変動を検出することが必要不可欠である。従来の海底地震観測のデータを用いた地震波トモグラフィ解析の結果は、アスペリティ域と非アスペリティ域は地震波速度構造の上で違いがある可能性を示しており、こうした解析の高度化を通してアスペリティの位置と拡がりの推定精度の向上を図りたい。非地震性すべりの時空間的な変動には、GPS連続観測による地殻変動と相似地震の活動度の変化の検出が有効であり、それらの準リアルタイムな監視システムの構築を継続して推進する。一方、2005年の地震の余効すべり域における微小地震活動の活発化は、多数の相似地震以外の微小地震の活動度もプレート境界におけるすべりの加速・減速に関連していることを示唆している。こうした非相似地震の活動度変化が何によるものかが理解されれば、非相似地震の活動度もプレート間すべりの時空間変化を検知するための新たな指標となりうる。非相似地震については必ずしもプレート境界面上に分布するとは限らないため、プレート境界面と震源分布との位置関係を明らかにすること、震源メカニズム解とその震源位置による違いを海底地震観測のデータを用いて詳しく明らかにすることが、こうした非相似地震の活動度とプレート境界面における固着・すべりとが関係する原因を解明することにつながるものと期待される。

(e) 引用文献

- 1) F-net, NIED, NIED CMT solutions, <http://www.fnet.bosai.go.jp>, 2005.
- 2) Waldhauser, F., and W. L. Ellsworth, A double-difference earthquake location

- algorithm: Method and application to the Northern Hayward Fault, California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 1353-1368, 2000.
- 3) Yaginuma, T., T. Okada, T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa, Coseismic slip distribution of the 2005 off Miyagi earthquake (M7.2) estimated by inversion of teleseismic and regional seismograms, submitted to *Earth Planet Science*, 2006.
  - 4) Ito, A., G. Fujie, S. Miura, S. Kodaira, R. Hino and Y. Kaneda, Bending of the subducting oceanic plate and its implication for rupture propagation of large interplate earthquakes off Miyagi, Japan, in the Japan trench subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 32, doi:10.1029/2004GL022307, 2005.
  - 5) Yamamoto, Y. R. Hino, M. Nishino, T. Yamada, T. Kanazawa, T. Hashimoto and G. Aoki, Three-dimensional seismic velocity structure around the focal area of the 1978 Miyagi-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 2006 (印刷中) .
  - 6) Okada, T., T. Yaginuma, N. Umino, T. Kono, T. Matsuzawa, S. Kita, and A. Hasegawa, The 2005 M7.2 Miyagi-Oki earthquake, NE Japan: Possible rerupturing of one of asperities that caused the previous M7.4 earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L24302, doi:10.1029/2005GL024613, 2005.
  - 7) Yamanaka, Y. and M. Kikuchi, Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, 109, doi:10.1029/2003JB002683, 2004.
  - 8) Seno, T., K. Shimazaki, P. Somerville, K. Sudo, and T. Eguchi, Rupture process of the Miyagi-Oki, Japan, earthquake of June 12, 1978, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 23, 39-61, 1980.
  - 9) 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 宮城県沖地震の長期評価, <http://www.jishin.go.jp/main/chousa/00nov4/miyagi.htm>, 2000.
  - 10) Kanamori, H., M. Miyazawa, and J. Mori, Investigation of the earthquake sequence off Miyagi prefecture with historical seismograms, submitted to *Earth Planets Space*, 2006.
  - 11) Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki, Revisit to the 1930s' three Miyagi-oki earthquakes with magnitude more than 7: Possible rupturing of asperities that caused the 1978 M7.4 Miyagi-oki earthquake, submitted to *Earth Planets Space*, 2006.
  - 12) Yabuki, T., and M. Matsu' ura, Geodetic data inversion using a Bayesian information criterion for spatial distribution of fault slip, *Geophys. J. Int.* 109, 363-375, 1992.
  - 13) 諏訪揺子・三浦 哲・長谷川 昭・佐藤俊也・立花憲司, 東北日本沈み込み帯におけるプレート境界の固着状況, *地震* 2, 56, 471-484, 2004.

- 14) Hatanaka, Y., T. Iizuka, M. Sawada, A. Yamagiwa, Y. Kikuta, J. M. Johnson and C. Rocken, Improvement of the Analysis Strategy of GEONET, Bulletin of the GSI, 49, 11-37, 2003.
- 15) Yagi, Y., M. Kikuchi, and T. Nishimura, Co-seismic slip, post-seismic slip, and largest aftershock associated with the 1994 Sanriku-haruka-oki, Japan, earthquake, Geophys. Res. Lett., 30, doi:10.1029/2003GL018189, 2003.
- 16) 気象庁, 宮城県沖の地震(2005/08/16, Mj7.2 と 2005/12/02, Mj6.6)の比較, 第167回地震予知連絡会資料, 2006.
- 17) Yagi, Y. and M. Kikuchi, Partitioning between seismogenic and aseismic slip as highlighted from slow slip events in Hyuga-nada, Japan, Geophys. Res. Lett., 30, doi:10.1029/2002GL015664, 2003.
- 18) 油井智史, GPS データから推定した千島弧西部におけるプレート間結合の時空間発展に関する研究, 東北大学修士論文, 93 pp, 2005.
- 19) Uchida, N., T. Matsuzawa, S. Hirahara, T. Igarashi, M. Kasahara and A. Hasegawa, Quasi-static Slips Around the Source Areas of the 2003 Tokachi-oki (M8.0) and 2005 Miyagi-oki (M7.2) Earthquakes, Japan Estimated From Small Repeating Earthquakes, Eos Trans. AGU, 86(52), Fall Meet. Suppl., Abstract S11C-08, 2005.
- 20) Uchida, N., T. Matsuzawa, T. Igarashi, and A. Hasegawa, Interplate quasistatic slip off Sanriku, NE Japan, estimated from repeating earthquakes, Geophys. Res. Lett., 30, doi:10.1029/2003GL017452, 2003.
- 21) 山中佳子, EIC 地震学ノート, No.141, [http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/EIC\\_News/031031.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/EIC_News/031031.html), 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
三浦哲・油井智史・長谷川昭・佐藤俊也・立花憲司	2005年8月16日宮城県沖地震(M7.2)に伴った地殻変動	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
岡田知巳・柳沼直・北佐枝子・海野徳仁・松澤暢・中島淳一・内田直希・河野俊夫・長谷川昭	1978年宮城県沖地震の余震分布の比較—余震活動域の時間的保存性	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
海野徳仁・河野俊夫・岡田知己・中島淳一・松澤暢・内田直希・長谷川昭・田村良明・青木元	過去の宮城県沖地震の震源再決定	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月



山本揚二郎・日野亮太・西野実・桑野亜佐子・山田知朗・金沢敏彦・青木元・橋本徹夫・阿部正雄	宮城県沖地震震源域の地震波速度構造と微小地震活動	日本地震学会 2005 年秋季大会	2005 年 10 月
内田直希・松澤暢・平原聡・長谷川昭	2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震 (Mj7.2) 周辺の相似地震活動	日本地震学会 2005 年秋季大会	2005 年 10 月
日野亮太・山本揚二郎・西野実・金沢敏彦・山田知朗・中東和夫・望月公廣・篠原雅尚・青木元・田中昌之・金田義行・荒木英一郎・小平秀一・藤江剛	海底地震観測による 2005 年 8 月 16 日宮城県沖地震の本震および余震の震源分布	日本地震学会 2005 年秋季大会	2005 年 10 月
長谷川 昭・海野徳仁・松澤 暢・三浦 哲・日野亮太・岡田知己・内田直希・河野俊夫	2005 年 8 月 16 日宮城県沖地震 (M7.2) について—想定宮城県沖地震との関連	第 24 回日本自然災害学会 学術講演会	2005 年 11 月
長谷川昭	2005 年 8 月 16 日宮城県沖地震の概要	第 24 回自然災害学会	2005 年 11 月
Uchida, N., T. Matsuzawa, S. Hirahara, T. Igarashi, M. Kasahara, and A. Hasegawa	Quasi-static Slips Around the Source Areas of the 2003 Tokachi-oki (M8.0) and 2005 Miyagi-oki (M7.2) Earthquakes, Japan Estimated From Small Repeating Earthquakes	AGU 2005 Fall Meeting	2005 年 12 月
Okada, T., T. Yaginuma, N. Umino, T. Kono, T. Matsuzawa, S. Kita, and A. Hasegawa	The 2005 M7.2 Miyagi-oki earthquake, NE Japan: Possible rerupturing of one of asperities that caused the previous M7.4 earthquake	Geophys. Res. Lett., 32, L24302, doi:10.1029/2005GL024613	2005 年
Yamamoto, Y. R. Hino, M. Nishino, T. Yamada, T. Kanazawa, T. Hashimoto	Three-dimensional seismic velocity structure around the focal area of the 1978	Geophys. Res. Letter	印刷中

and G. Aoki	Miyagi-Oki earthquake		
Yaginuma, T., T. Okada, T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa	Coseismic slip distribution of the 2005 off Miyagi earthquake (M7.2) estimated by inversion of teleseismic and regional seismograms	Earth Planet Science	投稿中
Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki	Revisit to the 1930s' three Miyagi-oki earthquakes with magnitude more than 7: Possible rupturing of asperities that caused the 1978 M7.4 Miyagi-oki earthquake	Earth Planet Science	投稿中
Hino, R., Y. Yamamoto, A. Kuwano, M. Nishino, T. Kanazawa, T. Yamada, K. Nakahigashi, K. Mochizuki, M. Shinohara, K. Minato, G. Aoki, N. Okawara, M. Tanaka, M. Abe, E. Araki, S. Kodaira, G. Fujie and Y. Kaneda	Hypocenter distribution of the main- and aftershocks of the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake located by ocean bottom seismographic data	Earth Planet Science	投稿中
Miura, S., S. Yui, N. Uchida, T. Sato, K. Tachibana and A. Hasegawa	Co- and post-seismic slip associated with the 2005 Miyagi-oki earthquake (M7.2) as inferred from GPS data	Earth Planet Science	投稿中

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 18 年度業務計画案

平成 17 年度に導入した短期観測型地震計を用い、これとすでに観測を開始した長期観測型海底地震計のデータをあわせて用いることにより、多点地震観測を実施する。さらに、従来取得されている海底地震観測データともあわせ、1) 宮城県沖のプレート境界およびその周辺における地震波速度構造モデルの高精度化、2) 宮城県沖で発生する小地震の詳細な震源分布とメカニズム解の解明を進める。特に、2005 年 8 月の地震の前後にみられた地震活動度の時間変化について、活動度を時間変化させた地震の震源位置とメカニズム解を明らかにすることにより、どのような機構でそうした変化が起こったのかをモデル化することをめざす。

準静的すべりの時空間発展の準リアルタイム・モニタを実現するために、GPS 観測および相似地震観測データを準リアルタイムで処理するためのシステムの開発と実用化のための改良を継続して進める。本学が宮城県内を中心とした地域で整備しつつある陸上 GPS 観測点のデータと従来の観測点および GEONET のデータとの併合解析を進め、それにより得られる地表の変位速度場を用いた逆解析を高度化し、プレート間すべり分布の時空間変化を即時的に検知できるようなシステムの開発を目指す。また、リアルタイム収録されている陸上観測網の地震波形データから相似地震を同定し、その位置とすべり量を高精度かつ準リアルタイムで推定するための自動処理手法の開発にも着手する。

### 3. 2. 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査

#### 3. 2. 1. 仙台・石巻平野における地質調査

##### (1) 業務の内容

##### (a) 業務題目

仙台・石巻平野における地質調査に基づく過去の活動履歴

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人産業技術総合研究所 活断層研究センター 海溝型地震履歴研究チーム	チームリーダー	岡村行信	yokamura@aist.go.jp
	主任研究員	宍倉正展	
	研究員	澤井祐紀	
	主任研究員	藤原 治	
	特別研究員	藤井雄士郎	

##### (c) 業務の目的

仙台平野および石巻平野において、過去約 6000 年間に平野内に浸入した津波の履歴と浸水範囲を、津波堆積物の調査から明らかにするとともに、沿岸域の地殻変動を明らかにして、地震と地殻変動との関係解明を試みる。それらの成果を基に、津波の波源モデルを構築し、平野への浸水範囲を説明出来る津波のシミュレーションを行う。

##### (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

###### 1) 平成 17 年度：

仙台平野の南部において、航空写真判読に基づいて決めた堤間湿地の堆積物を、ピートサンプラー及びジオスライサーを用いて 100 カ所以上で採取し、西暦 869 年の貞観の津波によって形成された津波堆積物と当時の海岸線位置、それ以前の津波堆積物の分布を詳細に調べた。石巻平野でも同様の手法によって、堤間湿地の堆積物の予察的な調査を実施した。

###### 2) 平成 18 年度：

仙台平野全体にわたって、津波堆積物の分布域と発生履歴を明らかにするとともに、地層の堆積環境を解析することによって、地殻変動履歴の解明を試みる。石巻平野でも詳細な調査を実施し、貞観の津波に伴う堆積物の分布範囲と当時の海岸線、それ以前の津波の履歴を明らかにするとともに、地殻変動の解明を試みる。

###### 3) 平成 19 年度：

前年度までに行った津波堆積物調査の補完調査を実施し、津波堆積物の広域的な対比を行う。また地殻変動を明らかにすることを目的とした地質調査を行う。また、津波シ

ミュレーションを行うため、東北地方の海底及び沿岸域の地形データの整備を行うとともに、貞観の津波を再現できる津波波源モデルの構築を試みる。

4) 平成20年度：

仙台平野の完新世地殻変動の履歴を解明するための追加調査を実施し、それらの結果を考慮して津波波源モデルを改善する。

5) 平成21年度：

東北地方沿岸域の貞観津波を再現する津波波源モデルを構築するとともに、平野内への津波浸水シミュレーションを実施する。

(e) 平成17年度業務目的

仙台平野の完新世堆積物を広域的に調査し、その層序と津波堆積物の分布をできるだけ広域的に明らかにする。特に貞観の津波で形成された津波堆積物の分布範囲と当時の海岸線位置を明らかにする。また、地殻変動を推定するために堆積環境の変化を記録する地層が分布しているかどうか検討する。石巻平野についても、堤間湿地の完新世堆積物を広域的に精査し、津波堆積物の分布や、地殻変動の記録が残されているかどうかを検討する。

(2) 平成17年度の成果

(a) 業務の要約

仙台・石巻平野における過去の巨大津波の浸水域と地震に関連した地殻変動の履歴を地質学的証拠から明らかにするため、仙台平野中南部の地形判読を行い、それにより認定した堤間湿地内の測線沿いにピートサンプラー及びジオスライサー用いて試料採取を行った。この調査により、西暦869年に発生した貞観津波の遡上距離と津波襲来当時の海岸線の位置を復元し、貞観の津波は当時の海岸線から少なくとも3kmは遡上していることを明らかにした。また、貞観津波を示す津波堆積物より古い地層中に、少なくとも2層の津波堆積物が広域に観察されることから、貞観津波以前にも巨大な津波が本地域に襲来していたと推定した。最も古い津波堆積物の直下から得られた炭素片の放射性炭素年代測定値は、3980-3820 cal yr BPを示した。仙台平野と同様に浜堤列が発達する石巻平野では、貞観の津波に相当する津波堆積物は観察されなかったが、過去の海水準を示す前浜堆積物の高度分布から、過去100年間に観測されている沈降現象は、数千年の時間スケールでは継続していないと推定した。

(b) 業務の実施方法

航空写真の地形判読によって、仙台・石巻平野で浜堤列（過去の海岸線に沿って形成された砂丘の列）の分布をマッピングした。この浜堤列と堤間湿地（砂丘列の間の低地）を横断するように仙台平野中南部で測線を設け、手掘り式ピートサンプラーおよび小型ジオスライサーを用いて、地表下3m程度までの堆積物の層序と砂層の分布を広域に明らかにし

た。得られた砂層の対比から、特に過去の津波によって運ばれた堆積物（以下、「津波堆積物」と呼ぶ）を認定し、その分布域を明らかにし、同時に、過去の津波が襲来した当時の海岸線の位置を推定した。津波堆積物の年代は、歴史時代の降下火山灰（十和田 a 火山灰）の分布と放射性炭素年代測定法を用いて決定した。また津波堆積物の調査と同時に、過去の海水準変動を表す堆積物を探し、地殻変動の推定を試みた。

### (c) 業務の成果

地形判読によって明らかにした浜堤列と堤間湿地（砂丘列の間の低地）を横断するように仙台平野中南部で測線を設け（山元町測線：約 2km、亘理町測線：約 3km、仙台空港周辺測線：4km）、十和田 a 火山灰層、粗粒～極細粒砂層、泥炭層の詳細な分布を明らかにした（図 1）。この中で泥炭層中に挟在する砂層は、鉱物組成が石英質であること、海生微細藻類を多く含むことから過去の津波によって形成された津波堆積物と推定した。特に、十和田 a 火山灰（約 1000 年前に降下）の直下に分布する津波堆積物は、貞観津波によって形成されたものと考えた。これらの津波堆積物の分布状況および貞観津波襲来時の海岸線は、以下のとおりである。

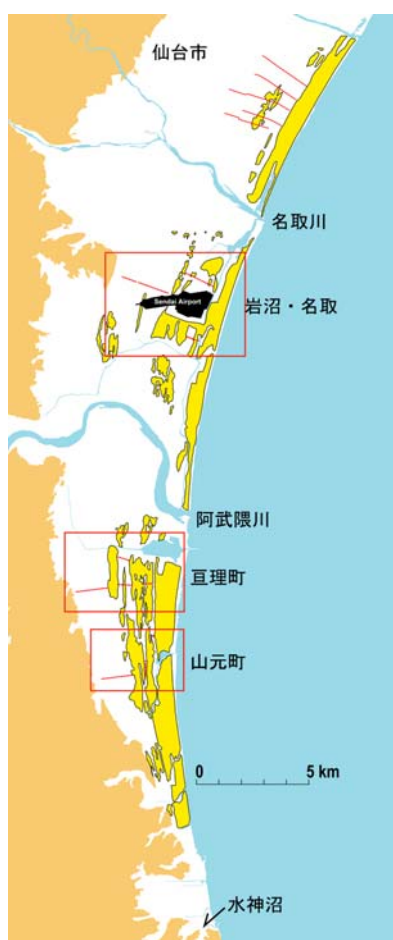


図 1 仙台平野の調査域。赤枠内の赤線が調査測線。海岸沿いの黄色の部分は浜堤列。

## 1) 山元町測線

設置した測線沿いの合計 39 地点で試料の採取を行った結果、現在の海岸線より約 3km 内陸まで貞観津波による津波堆積物を確認することができた (図 2)。また、山元町の最南端にある閉鎖性淡水湖 (水神沼) において、合計 7 地点で試料の採取を行った結果、同様に貞観津波による津波堆積物を確認することができた。貞観津波襲来時の海岸線の位置は現在の海岸線より 1km 程度内陸に存在していたと推定されることから、貞観津波の遡上距離は約 2km と考えられる。また、その当時の海岸線の標高は、現在の海面と大きな違いがないことから、大きな地殻上下変動は蓄積していないと推定した。最も内陸にある調査地点では、貞観津波によるものも含めて 4 層の津波堆積物が観察されることから、貞観津波以前にも巨大な津波が本地域を襲来していたことを確認した。最も古い津波堆積物の直下から得られた炭素片の放射性炭素年代測定値は、3980–3820 cal yr BP を示した。

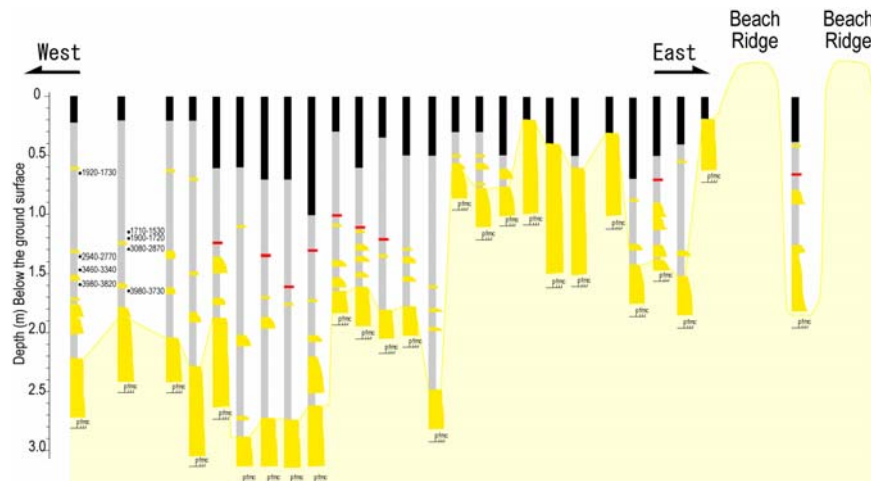


図 2 山元町測線に沿った採取コアの柱状図。黄色が砂、灰色が泥炭、赤が火山灰。

## 2) 亘理町測線

設置した測線沿いの合計 52 地点で試料の採取を行った結果、現在の海岸線より約 4km 陸側の地点まで貞観津波による津波堆積物を確認することができた (図 3)。貞観津波襲来時の海岸線の位置は現在の海岸線より 1km 程度内陸に存在していたと推定されることから、貞観津波の遡上距離は約 3km と考えられる。最も内陸にある調査地点では、貞観津波によるものも含めて 3 層の津波堆積物が観察される。

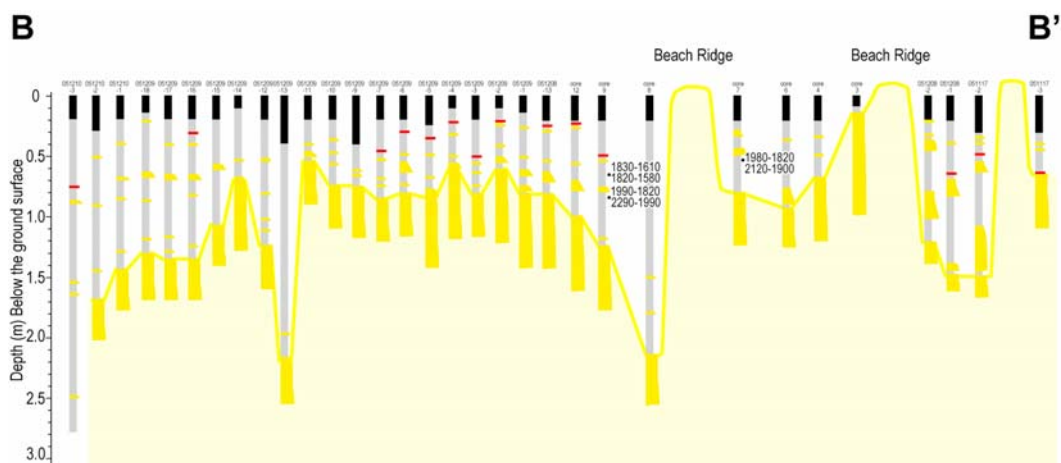


図3 互理町測線に沿った採取コアの柱状図。黄色が砂、灰色が泥炭、赤が火山灰。

### 3) 岩沼・名取測線

設置した測線沿いの合計16地点で試料の採取を行った結果、現在の海岸線より約5km内陸の地点まで貞観津波による津波堆積物を確認することができた(図4)。貞観津波襲来時の海岸線の位置が特定できなかったため、貞観津波の遡上距離は見積もることができなかった。最も内陸にある調査地点では、貞観津波によるものも含めて3層の津波堆積物が観察される。

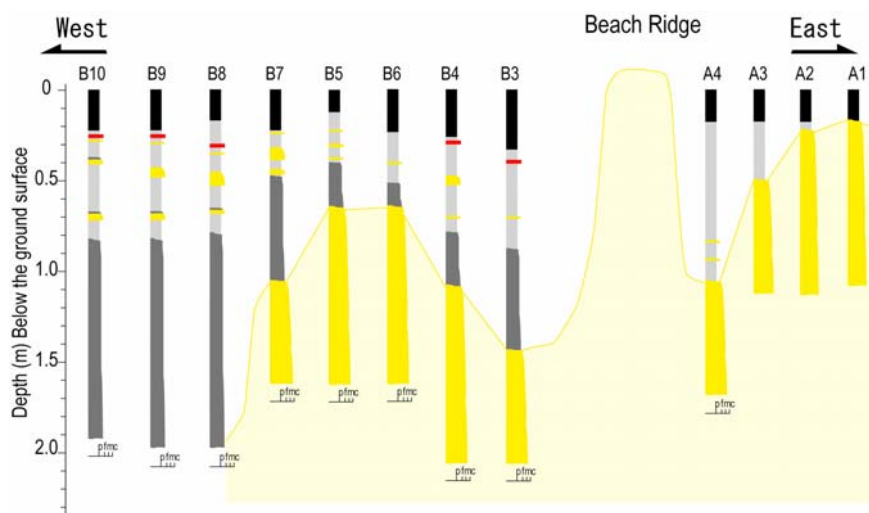


図4 岩沼・名取測線に沿った採取コアの柱状図。黄色が砂、灰色が泥炭、赤が火山灰。

### 4) 石巻平野

仙台平野と同様に浜堤列が発達する石巻平野では、貞観津波に相当する津波堆積物は確認出来なかったが、少なくとも1枚の砂層が観察された。過去の海水準を示す前浜堆積物



を幾つかの地点で観察することができ、炭素年代測定値から約 3000 年前に形成されたものと考えられる前浜堆積物が現在とほぼ同じ高度にあることが明らかになった。検潮所で観測されている近年の沈降 1) と相反するものであり、数千年間の時間スケールでは海岸部が沈降傾向にないことを示している。

(d) 結論ならびに今後の課題

これまで、貞観の津波による津波堆積物の存在は報告されていたが 2)、詳細な分布域に基づいた遡上距離・浸水域は復元されていなかった。仙台平野中南部（山元町、亘理町、仙台空港周辺）において、貞観津波によって運ばれた津波堆積物の分布域と当時の海岸線位置を詳細に調査し、当時の海岸線が現在の海岸線から約 1km 内陸に位置し、そこから 3km 以上内陸まで津波が進入したことを明らかにした。また、それより古い津波堆積物が 2-3 層存在することも確認した。

今後の課題としては、調査が不十分な仙台平野北部及び石巻平野において同様の調査を行う必要がある。それらの地域における詳細な調査結果と今年度の成果を総合的に解釈することにより、仙台平野全体における貞観津波の遡上距離・浸水域を推定することができる。また、仙台平野と石巻平野での地殻上下変動史を地層の堆積環境から復元し、地震との関係を解明することも重要である。

(e) 引用文献

- 1) Ozawa, S., Hashimoto, M., Tada, T., 1997. Vertical crustal movements in the coastal areas of Japan estimated from tidal observations. Bull. Geogr. Surv. Inst. 43, 1-21.
- 2) Minoura, K., Nakaya, S. (1991) Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan. Journal of Geology, 99, 265-287.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
岡村行信・澤井祐紀・宍倉正展・鎌滝孝信・佐竹健治・藤原 治・小松原純子・藤井雄士郎	仙台平野の古津波	日本地震学会	平成 17 年 10 月 21 日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

### 3) 仕様・標準等の策定

なし

#### (3) 平成 18 年度業務計画案

仙台平野及び石巻平野での巨大津波の襲来履歴を明らかにするため、調査が不十分な仙台平野北部および石巻平野を中心に、平成 17 年度と同様の調査を行うとともに、今までに分布が明らかになっている津波堆積物を広域的に対比する。

対象地域の空中写真の地形判読によって、浜堤列と堤間湿地のマッピングを行い、堤間湿地を中心に完新世堆積物を採取し、十和田 a などの火山灰、津波堆積物、泥炭堆積物、海岸線の堆積物などの分布を明らかにする。堆積物の採取には、手掘り式ピートサンプラーおよび小型ジオスライサーを用い、地表下 3m 程度までの試料を採取する。

仙台平野北部では、仙台市内を中心に貞観の津波及びそれ以前の津波によって形成された津波堆積物の分布を明らかにする。17 年度に試料を採取した仙台平野の中南部域では、まだ十分な年代測定を行っていないので、既存の試料からも年代測定を行い、貞観の津波以前の津波堆積物の形成年代を明らかにする。それらの年代を基に、仙台平野全域の津波堆積物の対比を行い、それぞれの堆積物の分布パターンが同じか、異なっているかを検討する。

石巻平野では、貞観の津波に対比出来る津波堆積物は見つかっていないが、本当に存在しないかどうかを確認するため、堤間湿地で詳細に試料採取を実施するとともに、既に見つかっている津波堆積物と考えられる砂層の年代を明らかにするため、試料採取と年代測定を行う。また、石巻平野で見つかった津波堆積物と仙台平野の津波堆積物との対比を試みる。

地殻変動の推定については、今のところ、北海道東部太平洋岸で地殻変動解析を行ったような、内湾性の干潟環境が長期間維持されてきた場所は、仙台平野では見つかっていない。そのような環境の場所を見つけることを試みる。仙台平野及び石巻平野でそのような場所が見つからない場合には、調査範囲を広げることも考える。また、海岸線に沿って幅 1km 以上にわたって広がる堤間湿地を含まない浜堤列の形成史も地殻変動を記録している可能性があるため、その解析手法も検討する。

### 3. 2. 2. 東北地方太平洋沿岸域における地質調査

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務題目

東北地方太平洋沿岸域における地質調査

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	今泉俊文	imat@mail.tains.tohoku.ac.jp
大阪市立大学大学院理学研究科	助教授	原口 強	haraguti@sci.osaka-cu.ac.jp
国立大学法人千葉大学理学部	助教授	宮内崇裕	tmiya@faculty.chiba-u.jp
国立大学法人福島大学教育学部	助教授	後藤秀昭	hgoto@educ.fukushima-u.ac.jp
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	島崎邦彦	nikosh@eri.u-tokyo.ac.jp

##### (c) 業務の目的

宮城県沖を中心とした東北地方の太平洋沿岸域において詳細な地質学的な調査を実施して、津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定および発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を解明する。

##### (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

###### 1) 平成17年度：

三陸沿岸の大槌・宮古地区において、ボーリング・ジオスライサーによる津波堆積物の採取をおこなうとともに、海域への広がりを音波探査により調査する。海陸いずれの地点についても、採取された試料の年代測定を実施する。また、津波襲来前後で海岸線の移動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを判定し、地殻変動が原因であると判断された場合は、変動量の定量化を行う。

###### 2) 平成18年度：

平成17年度と同様な津波堆積物調査を三陸海岸の南部地区（大船渡・気仙沼地区など）を対象に実施する。また、17年度の成果と比較照合するために年代測定も行う。さらに、堆積物分布や堆積物試料から分析される津波の進行方向・流れの停止状況ならびに、離水イベントから推定される地震時地殻変動量などを総合して、津波の波源の位置・大き

さの推定を行う。

3) 平成19年度：

平成17年度と同様な調査を三陸沿岸の山田地区のラグーンにおいて行う。また、平成18年度までの陸上調査の結果を総括し、津波シミュレーションと地殻変動のデータを合わせることにより、断層モデルの考察を行う。必要に応じて、補足的な野外調査を行う。

4) 平成20年度：

平成17年度と同様な調査を常磐沿岸の松川浦およびいわき地区と三陸沿岸の釜石地区等で行うとともに、平成19年度までに得られた調査結果をもとに、「連動型」宮城県沖地震の活動履歴の推定を行う。

5) 平成21年度：

三陸沿岸の陸前高田における調査を行うとともに、常磐海岸および三陸沿岸での17～20年度の地区域・海域の研究成果を踏まえ、「連動型」宮城県沖地震の活動履歴の推定を行う。

(e) 平成17年度業務目的

1793年に発生した地震は、1978年宮城県沖地震などの地震のアスペリティと海溝付近に存在する別のアスペリティとの複合破壊（いわゆる「連動型」）によるものと考えられ、大きな津波を伴ったことが知られている。こうした「連動型」タイプの地震の発生頻度は、1978年宮城県沖地震のような「単独型」より発生頻度が低い（間隔が長い）ために、歴史資料などによる調査結果だけからは、その活動の評価は十分ではない。

そこで、本調査研究では、過去に津波襲来の頻度が高い、三陸海岸において、地形学・地質学的手法によって津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震に伴う津波堆積物を特定する。そして、それらの規模、発生時期・発生間隔などを解明する。さらに、津波堆積物とその上下の堆積層の分析から、このような「連動型」地震発生の前後の地殻変動についても検討を行う。

(2) 平成17年度の成果

(a) 業務の要約

三陸海岸・大槌湾内及び吉里吉里湿地において、ボーリング・ジオスライサーによる試料採取調査を行い、内湾海域での既存の音波探査等の記録解析を行った。また試料の年代測定を実施した。これらの結果から、三陸海岸・大槌湾（水深約10mから34mまで）では、過去6000年間の地層中から、22枚の津波の痕跡の可能性のある粗粒堆積物を見いだした。このうち、上部の16枚については過去約2500年間に平均100-150年間隔で堆積しており、下部の6枚については、過去約2500年前から6000年前までは平均500-800年間隔で堆積していた。

一方、吉里吉里湿地における試料採取の結果、過去約 2000 年前から約 5000 年前間の泥炭層中に少なくとも 6 枚の津波堆積層（砂層）が検出され、これらの砂層の堆積は、約 500 年間隔であった。これらのことから、規模の大きい津波地震がこの付近の海域では、少なくとも 500 年毎に発生している可能性が高いことが推定された。

#### (b) 業務の実施方法

本年度の調査は、三陸海岸・大槌湾内及びその北隣の吉里吉里湿地において実施した。三陸のリアス式海岸において、河川からの流入物が少なく堆積環境の安定した内湾や沿岸域（ラグーンや小規模な海岸平野）を対象として、津波堆積物の検出調査を行った。こうした地域は、いわゆる縄文海進（完新世の高海面期）以降、安定した堆積環境が維持されていると考えられている。

調査地点の選定にあたっては、三陸沿岸の広範囲において、

- 1) 沿岸各地に残る歴史時代の津波の記録（到達域など）を収集する。
- 2) 漁港・港湾等の浅海域および陸域において、各種施設建設時の地質情報（ボーリング資料など）を収集する。

これらのデータに基づいて、調査地点に優先順位を付けて複数選定し、それぞれの地点での調査計画に基づいて行った。

堆積物の採取と堆積物認定、三次元的な津波堆積物の分布を明らかにするために、各地点での主たる調査は、ボーリング・ジオスライサーによる試料採取調査、内湾海域での音波探査等を行った。また、得られたサンプルの堆積年代と堆積速度を知るために、数多くの放射性炭素年代測定を行った。この結果によって、津波・地震の発生年代を、堆積物の堆積年代から推定した。また、堆積物の分布（層厚や高度）と層相形状の分析から、津波の進行方向・流れ・停止状況などを検討した。

さらに、津波・地震発生の前後の海岸線位置を詳細に調査し、例えば、海岸線の移動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを堆積物の層分析を含めて検討した。

#### (c) 業務の成果

本年度の調査は、三陸海岸・大槌湾内及びその北隣の吉里吉里湿地において実施した（図 1、2）。

##### 1) 大槌湾での調査結果

三陸海岸・大槌湾（水深約 10m）の海底下（-34mまで）で採取された過去 6000 年間の地層中から、22 枚の津波の痕跡の可能性がある堆積物を見いだした。

このうち、試料上部（海面下 10mから 24.5mまでの過去約 2500 年間に堆積した地層）からは、16 枚の粗粒堆積物が見いだされた。これらの粗粒堆積物は、いずれもデルタの最前

面（前置層）に付加するように堆積したもので、湾内に広い生息域を持つカキなどの貝殻片と海底面などの地面を削り込んだと見られるマッドクラスト等を含む（図 3）。このことにより、これらの粗粒堆積物は、津波堆積物の可能性が高い。これらの粗粒堆積物堆積物の堆積間隔は、およそ 100～150 年である（図 4）。

一方、コア下部（海面下 24.5m から 34m までの約 2500 年～6000 年間の地層）には、合計 6 枚の礫を含む粗粒堆積物が見出された。その堆積間隔は 500～800 年である。コア上部に比べ、下部の粗粒堆積物が少ない（堆積間隔が長い）のは、堆積水深が 25m 以上と深い場所では、引波により湾内にもたらされる津波堆積物がデルタ前面などの浅海域に留まり、沖合まで到達しなかったとためと推察される。したがって、この期間（2500 年～6000 年間）に海底では欠落した津波堆積物が、陸域にはより多く保存されている可能性はある（図 4）。なお、各粗粒堆積物（津波堆積物）の年代については、 $^{14}\text{C}$  年代測定における海洋リザーバ効果により、測定値より 400～800 年古い値を示すため、陸域での結果と比較する場合には補正が必要であり、また歴史記録と照合する場合には暦年補正が不可欠である。これらについては今後検討を行うので、今回の数値はいずれも暫定値である。

## 2) 吉里吉里湿地地区での調査結果

大槌湾の北側に隣接する吉里吉里湿地では、海岸線に直交する測線に沿った低湿地内で、ジオスライサー（ハンディータイプ 1m とロングタイプ 5m：数地点）とボーリング（1 地点、9m）により地層を採取した（図 5、6）。

いずれの場所でも、地表下約 1 m（過去約約 2000 年前と推定される）は、人工改変等で欠落または攪乱されている。その直下から地表下約 5 m（約 2000 年前～5000 年前）までは、主として泥炭層からなる（図 7）。

泥炭は、未分解部と有機質粘土（分解部分）からなる。分解部がリズミカルに繰り返し、分解部は隆起に伴う湿地の離水イベントを示す酸化環境への変化を示している。一般的な現世の泥炭の単位重量は  $0.8\sim 1.0\text{ g/cm}^3$  程度で、ここの分解部は  $1.6\sim 1.7\text{ g/cm}^3$  を示し最大 50% 圧縮した可能性を示唆する。

これらの泥炭層の中に、少なくとも 6 枚（最大層厚 10cm）の砂層（津波堆積物と考えられる）が見いだされた。各砂層の年代は、それぞれの砂層の上下の泥炭層の  $^{14}\text{C}$  年代値から、約 2500 年前、3000 年前、3600 前年、3900 前年、4500 前年、5000 前年と推定され、それらの堆積間隔は約 500 年である（図 8）。陸域で見いだされた津波堆積物と大槌湾での津波堆積物を比較すると、年代値（補正は行っていない）では、必ずしも一致しないが、イベントの回数と間隔においては、ほぼ一致する結果が得られた。

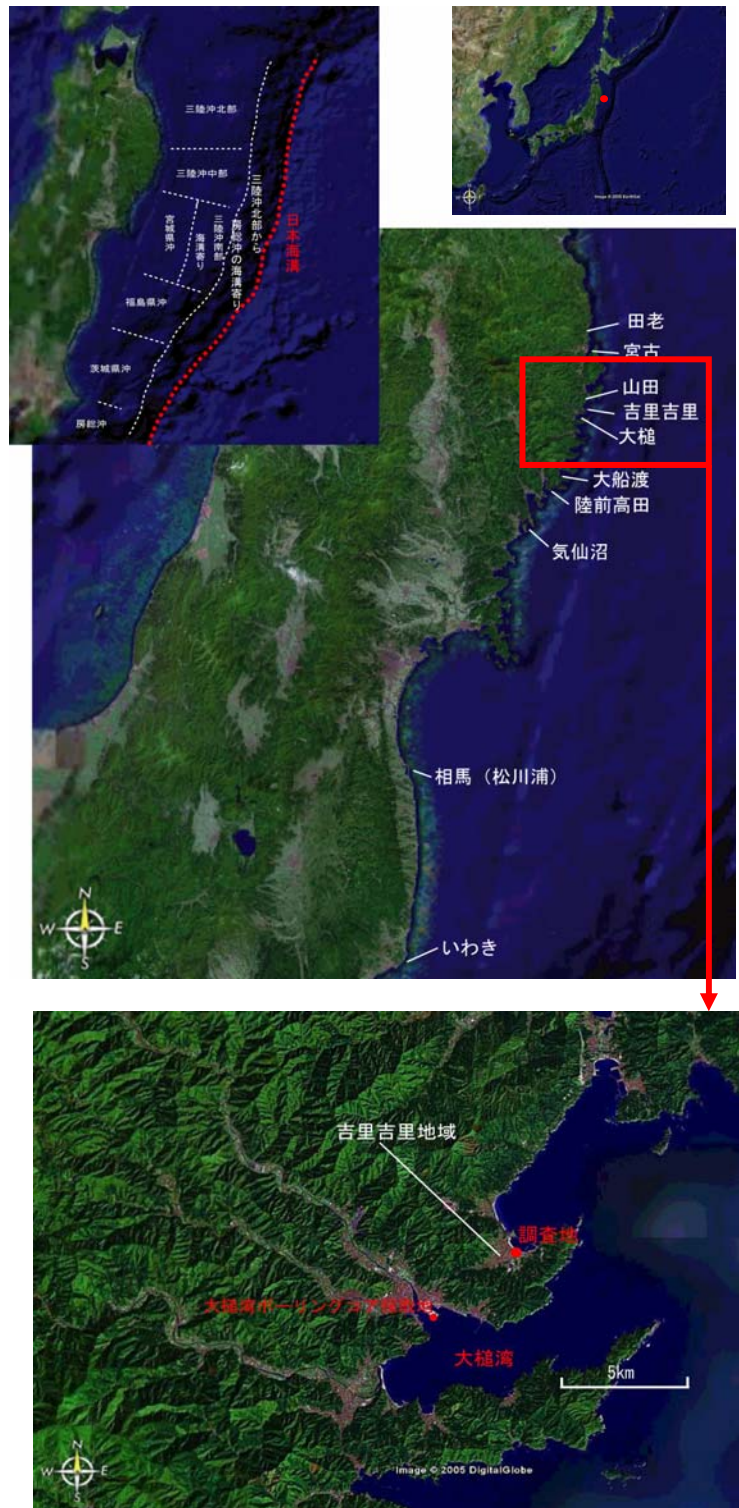


図1 今後5年間の調査計画地域（上）と平成17年度調査域（下）

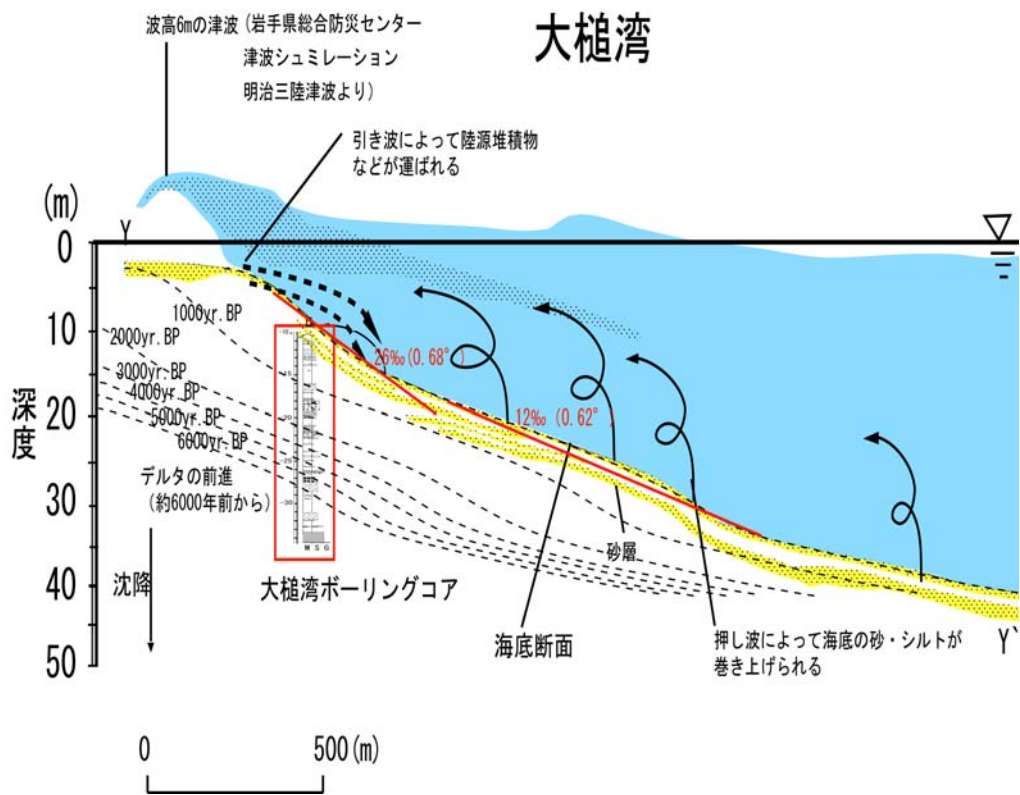


図2 大槌湾の調査地点 (上: 赤点) と津波堆積物に対する調査概要 (下)



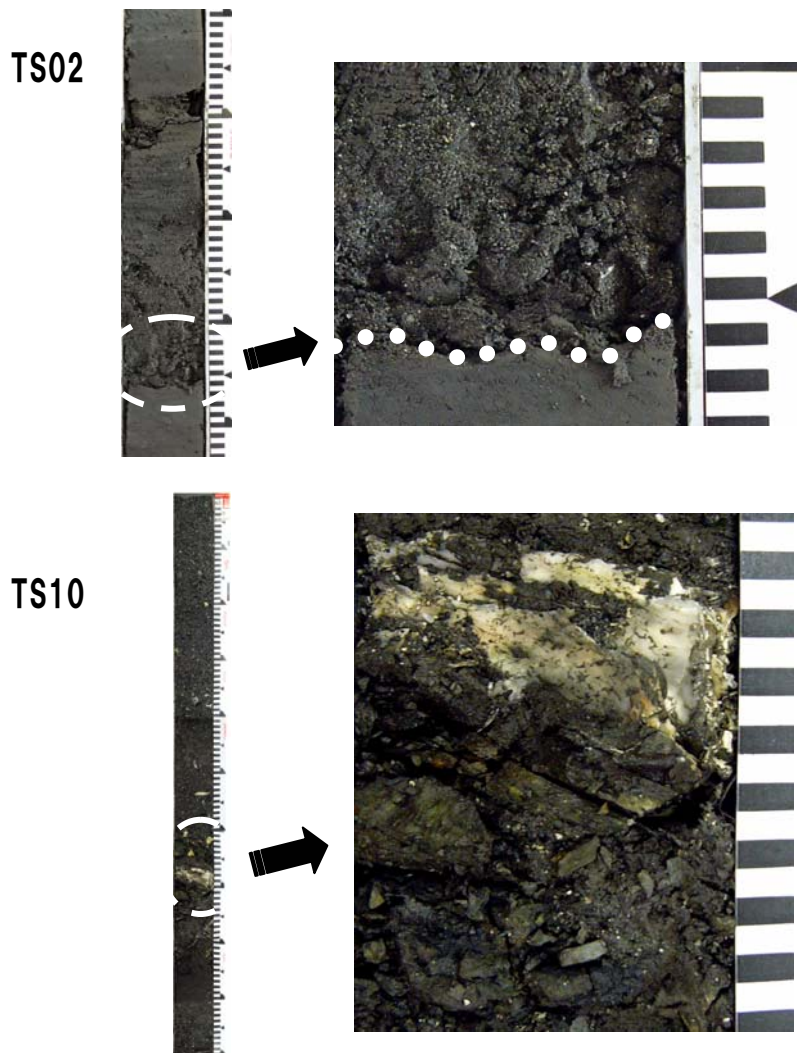
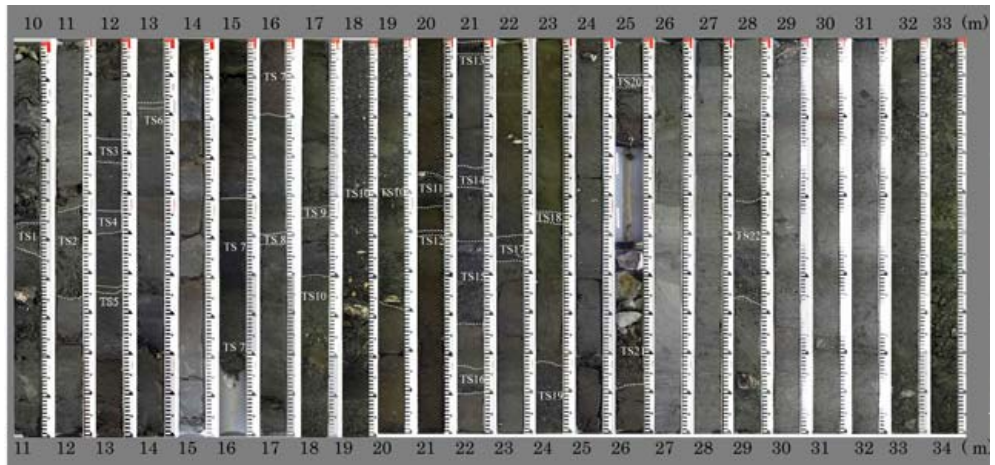


図3 大槌湾のジオスライサー試料一覧（上）とコア TS02（中）と TS10 番（下）に見られる代表的な粗粒堆積物（津波堆積物）

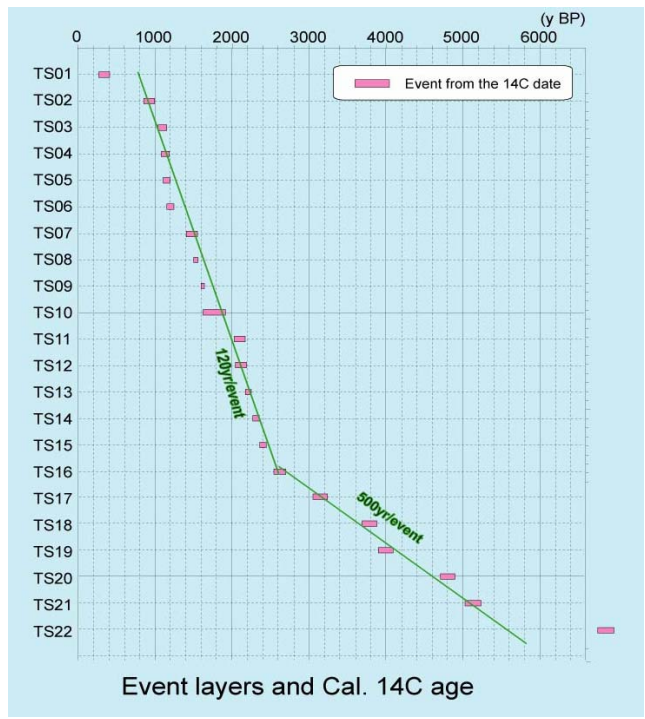
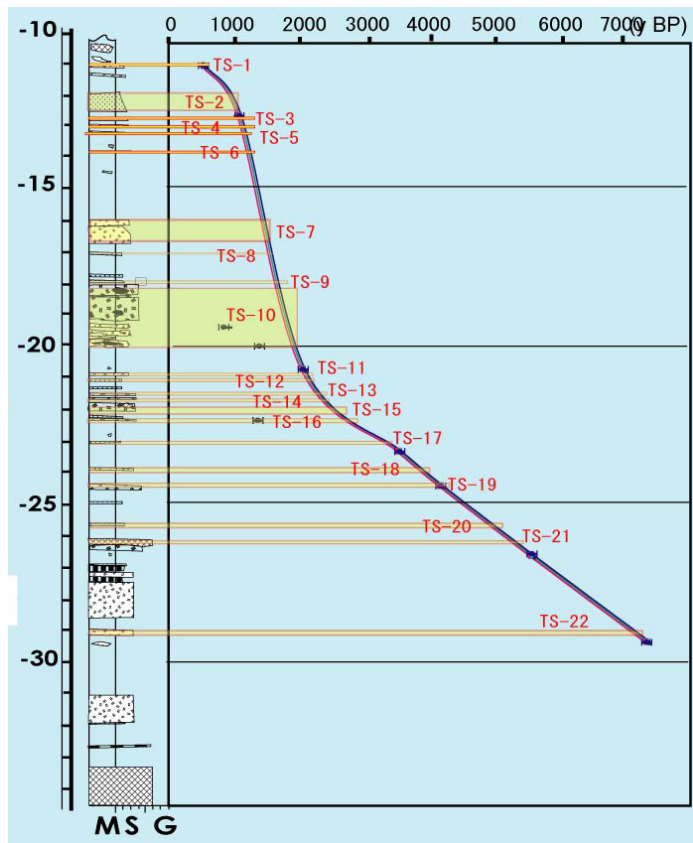


図 4 大槌湾のボーリング柱状図における津波堆積物の位置とその間の地層の堆積速度 (上) と平均的な津波堆積物の堆積間隔 (下)



図 5 吉里吉里地区における歴史時代の津波到達位置（上）と調査地点湿地の調査位置（下；赤枠は図 6 のボーリング・ジオスライサー調査地点）

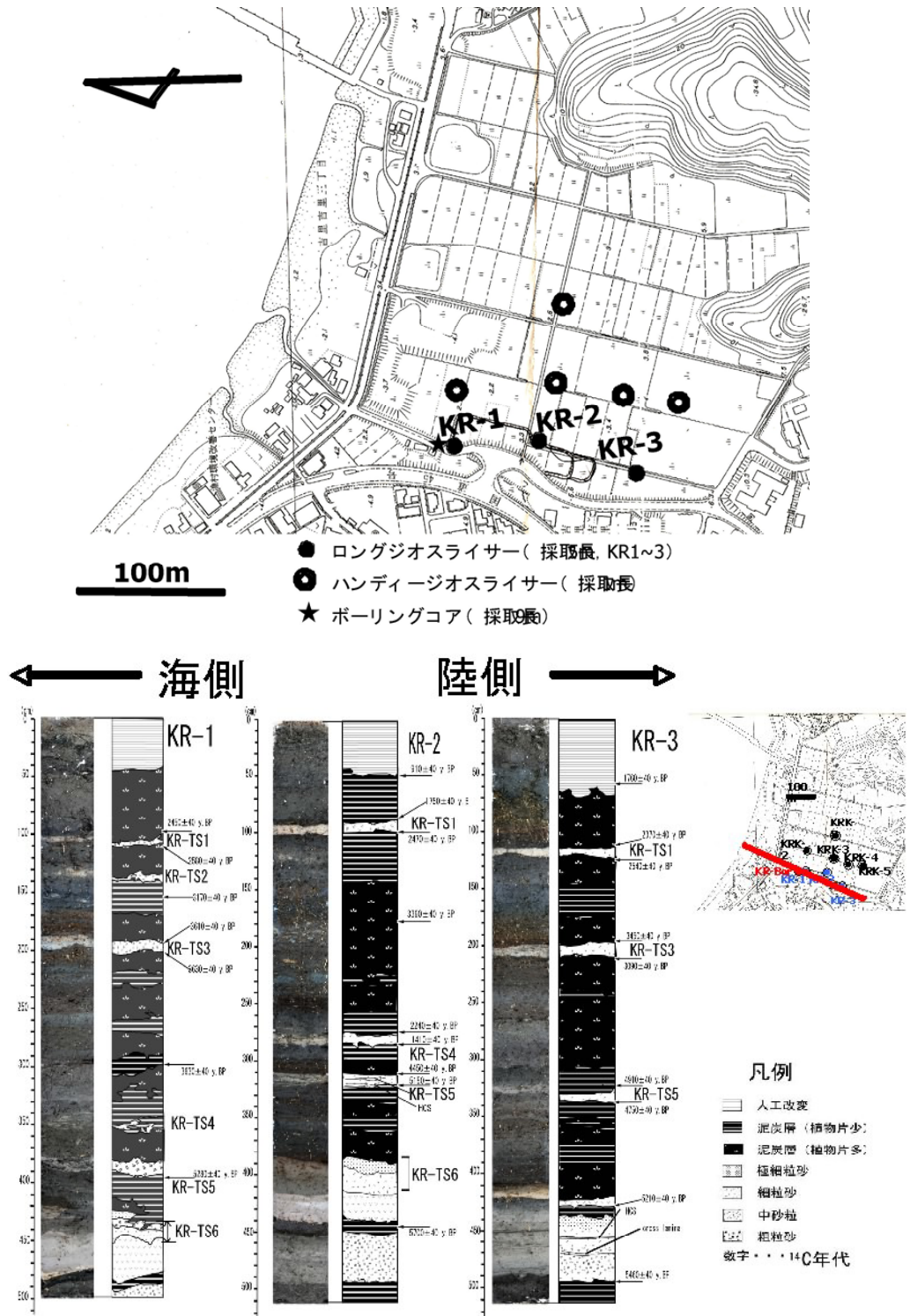


図 6 吉里吉里湿地におけるボーリング調査・ジオスライサー調査地点(上)とジオスライサー断面(下; 湿地堆積物中の砂層が津波堆積物)



図7 吉里吉里湿地の泥炭層と津波砂層

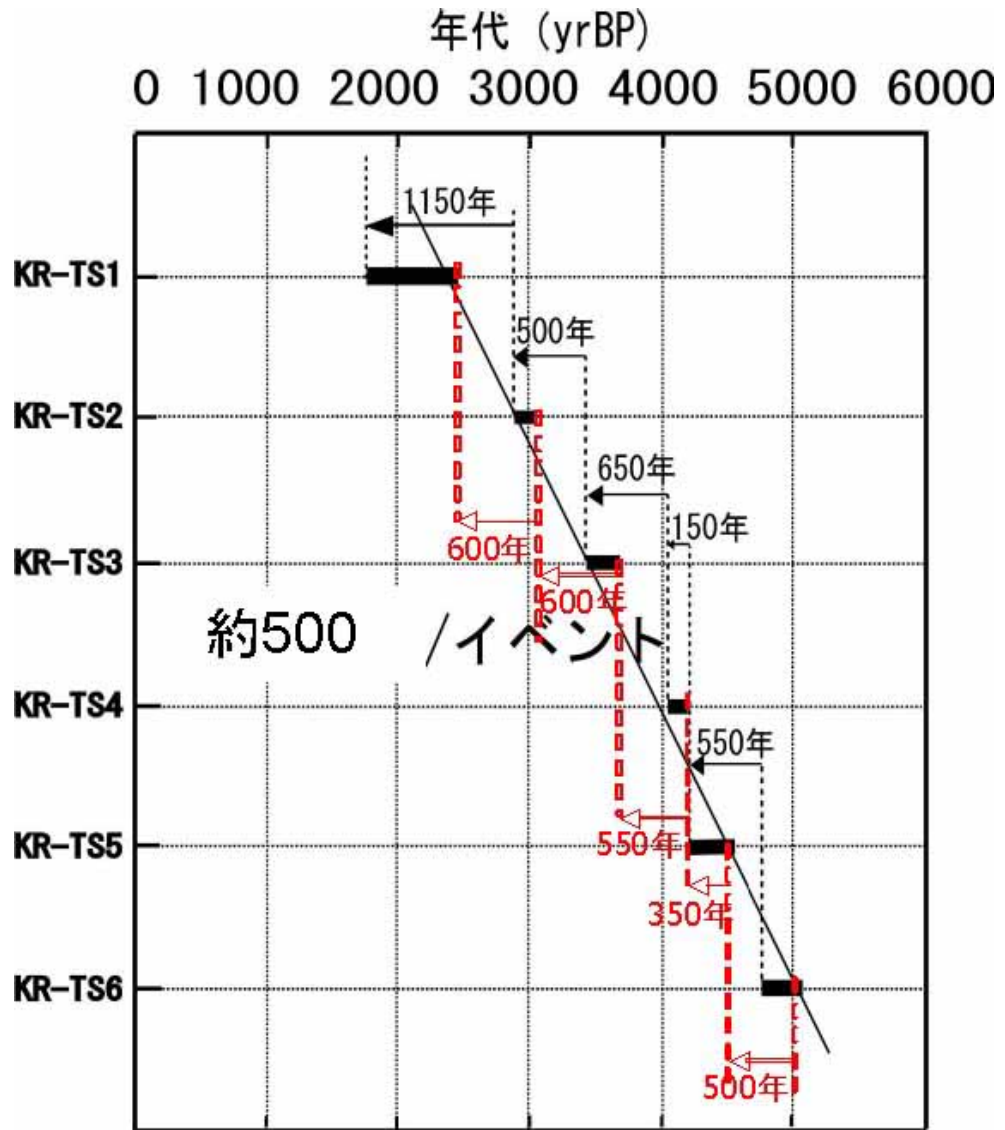


図8 吉里吉里湿地の津波砂層の年代

津波堆積物の堆積過程

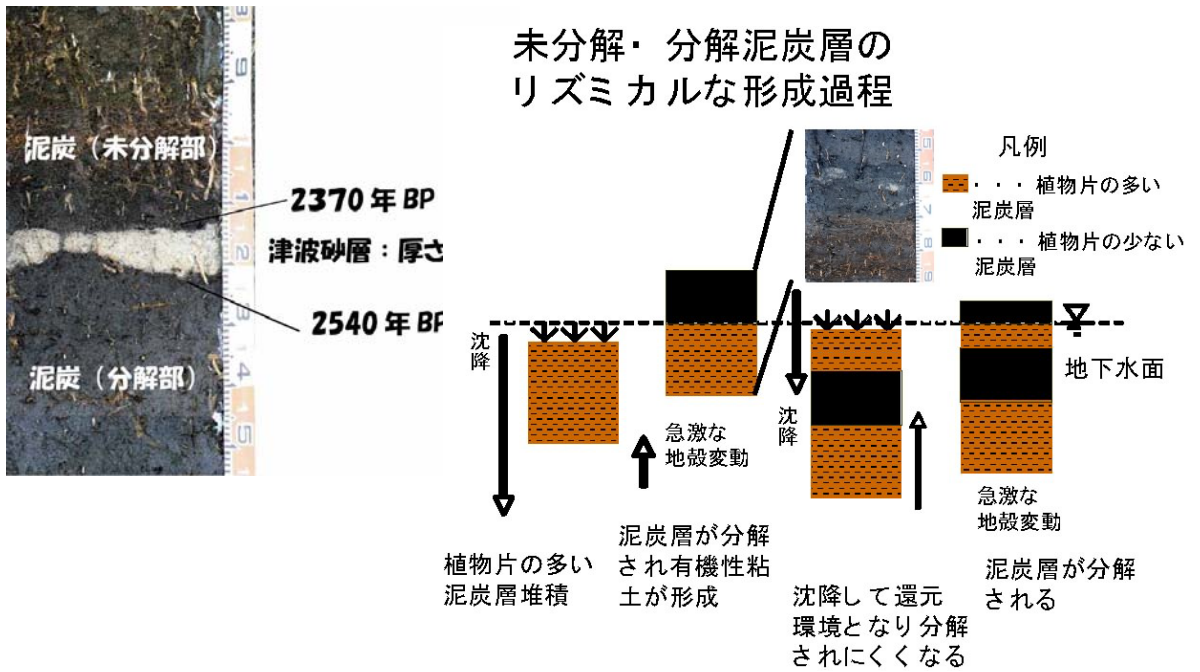
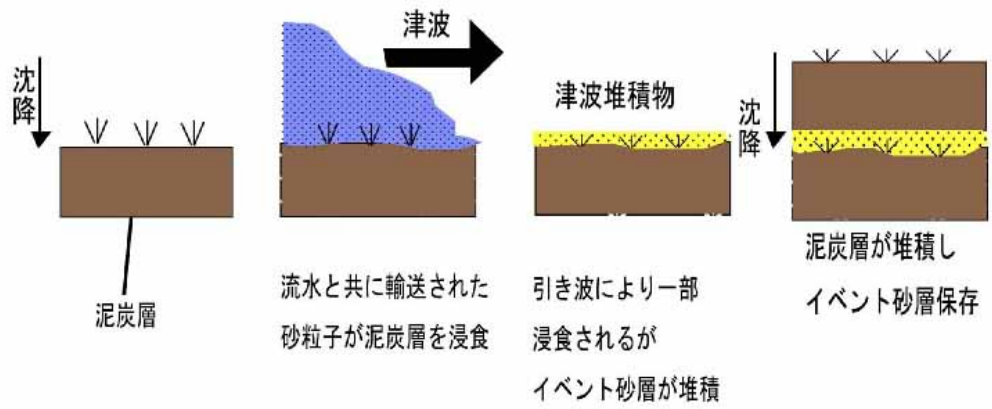


図9 リズミカルな泥炭層の形成過程

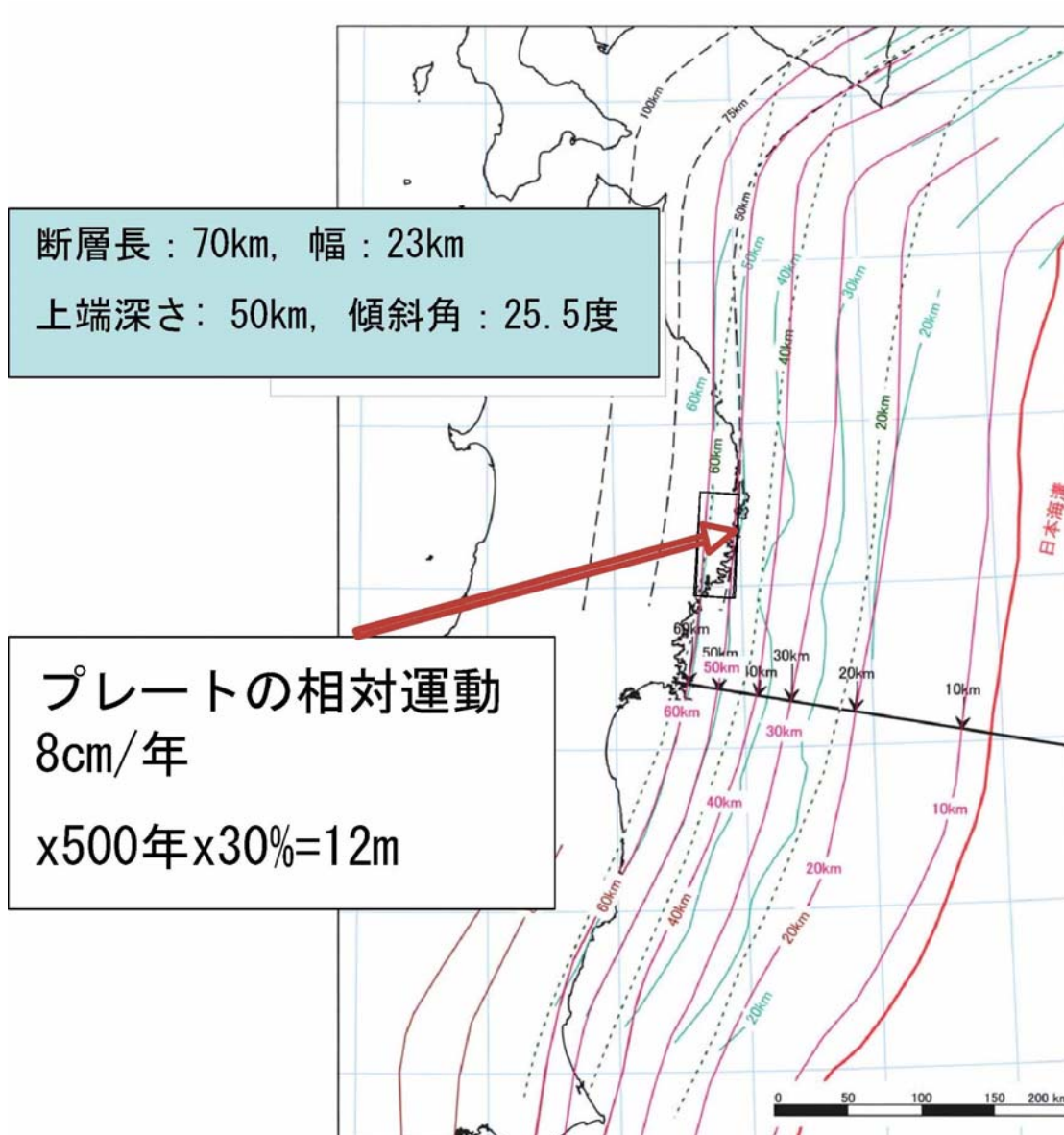


図 10 地震に伴う海岸の隆起量



(d) 結論ならびに今後の課題

今年度の調査結果は、以下のようにまとめることが出来るが、更に今後の検討課題とする。

1) 三陸海岸・大槌を中心とする地域において、過去 5000 年間に、浅海底の堆積層中と陸上の海岸低地の地層中から、海岸隆起を伴うと推定される津波イベント（堆積物）が見いだされた。それらは、約 500 年間隔で発生しているようである。しかし、それぞれが同時代のイベントであるかどうかについては、年代値の補正を加えた上で、今後詳細に検討を行う必要がある。

しかし、陸域での堆積層の状況から、このような規模の大きな地震の発生と地殻変動については、以下のような一つの推論が可能である。すなわち、釜石と宮古の験潮記録所の中間に位置する吉里吉里湿地は、過去数十年間にわたって同様に年間 5mm 程度の沈降が継続していることが予想される。2000 年～5000 年前もこのレートで沈降したとすると 15m の沈降量となるが、実際には 3m の泥炭層が存在するのみである。過去 5000 年前以降の海水準は、現在とほぼ同じと考えることが出来るので、この間も泥炭層が堆積する環境が継続したことになり、12m 分の地層が何らかの理由で欠如したことになる。地層の欠如は、この間の 6～7 回の隆起に伴う無堆積時間と離水に伴う泥炭層の分解・圧縮・単位堆積重量の増加（地層の短縮）でも説明が可能ではなかろうか（図 9）。予察的な検討では、例えば、1 回あたり 1.0～1.5m 程度の隆起イベントとすると、この値は、低角逆断層型地震の分布の西縁（Igarashi et al., 2001）1) から想定されるプレート境界位置を根拠に巨大地震時の隆起域の予測とも整合的である（図 10）。

2) 一方、内湾浅海域では、デルタフロントの堆積物に示されるように、100～150 年間隔という短期間の間隔で津波地震が発生してきた可能性が明らかになってきた。これらの津波とより長い間隔を持つ津波地震との分離は本当に可能であるか？また、今回の調査では、確かな記録がある歴史時代の津波堆積物、そのものが確認できなかった。次年度以降は、歴史時代の津波堆積物の証拠を見いだすとともに、「連動型」宮城県沖地震に伴う津波や海岸隆起などが、地層にどのように残されたかなどを、調査地を更に広範囲に広げ、またそれらの活動履歴についても引き続き解明する予定である。そしてこれらの結果をサブテーマ 3. 2. 1 の結果とも照合して、今後、「連動型」宮城県沖地震の実態を明らかにし、活動履歴・地震時地殻変動量などを総合して津波の波源の位置・大きさの推定を行う。

(e) 引用文献

1) Igarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa, Spatial distribution of focal mechanisms for inter- and intraplate earthquakes associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc - A triple-planed deep seismic

zone - , J. Geophys. Res., 106, 2177-2191, 2001.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Haraguchi, T., Fujiwara, O., Shimazaki, K.	Subaqueous Tsunami Deposits from Ohtsuchi Bay of Sanriku Coast, North Eastern Japan	American Geophysical Union Fall Meeting	平成 17 年 12 月 5 日
原口強・鳥居和樹・ 藤原治・島崎邦彦・ 今泉俊文	東北地方三陸海岸、大槌湾の津 波堆積物	北淡活断層シンポ ジウム	平成 18 年 1 月 15 日
鳥居和樹・原口 強・吉永佑一・高田 圭太・今泉俊文	東北地方三陸海岸、吉里吉里湿 地の津波堆積物	北淡活断層シンポ ジウム	平成 18 年 1 月 15 日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 18 年度業務計画案

宮城県沖を中心とした東北地方の太平洋沿岸域のうち、特に岩手県宮古市から宮城県気仙沼市までの地域において詳細な地質学的な調査を実施して、津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定および発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を解明することを目的として、以下のような調査を実施する。

平成 17 年度と同様に、ボーリング・ジオスライサーによる津波堆積物調査を三陸海岸の南部地区（大船渡・気仙沼地区）を対象として行う。さらに、平成 17 年度のデータを補足するために宮古湾岸地区および吉里吉里地区において津波堆積物の追加調査を行う。これらの地域で得られたサンプルを用いて津波堆積物を検出し、その年代測定を行う。また津波の来襲前後で海岸線の上下変動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを判定し、地殻変動が原因と判断された場合は、変動量の定量化を試みる。

太平洋に面した三陸リアス式海岸のうち、津波被害の歴史記録があり、河川からの流入

物が少なく堆積環境の安定したラグーンや小規模な海岸平野を対象として、津波堆積物の検出調査を行う。場所の選定後、堆積物の採取と堆積環境の認定、三次元的な津波堆積物の分布を明らかにするために、ボーリングとジオスライサーによる連続的な試料採取を行う。この際、平成 17 年度の成果を踏まえ、過去 6000 年程度までの地層を対象とした調査を行う。

具体的には下記の 4 地域を予定する。

(場所と内容)

- ① 岩手県宮古市葉の子浜：ボーリング、ジオスライサー、地層解析、年代測定
- ② 岩手県大槌町吉里吉里地区：ボーリング、ジオスライサー、地層解析、年代測定
- ③ 岩手県大船渡市碁石浜：ボーリング、ジオスライサー、地層解析、年代測定
- ④ 宮城県気仙沼市（気仙沼大島、田中浜および小田ノ浜）：ボーリング、地層解析、年代測定

#### 4. 全体成果概要

宮城県沖地震の想定震源域においてアスペリティ周辺における地震活動が示す空間的な特徴を把握するためには、同一の観測配置による観測を長期間継続し、データの蓄積を図ると共に地震活動の時間変化を検出する必要がある。このため、想定震源域における繰り返し観測を5観測点で平成17年12月から開始した。観測に使用した海底地震計は、1年間連続して観測することのできる長期観測型の海底地震計である。東京大学地震研究所で新規整備した海底地震計の設置作業は、東北大学と協力して平成17年12月23日に実施した。すでに厳冬期に入っていたが、ヘリコプターを利用することにより、順調に海底設置することができた。また、大量のデータを処理するための海底地震計データの1次処理装置の構築を行った。

また、2005年8月16日11時46分に宮城県沖において発生したM7.2の地震について、この領域において繰り返し発生しているM7.5級のプレート境界地震のサイクルの中での位置づけを明らかにすることを目的として、地震発生時の海底地震観測データを用いた精密な震源決定を行うとともに、1978年や1930年代に発生した宮城県沖地震との相対的な震源域の関係についての検討を行った。その結果、2005年の地震は明らかにプレート境界で発生した地震ではあるが、1978年の地震時に破壊された複数のアスペリティの一部のみを破壊したものであることが分かった。さらに、1930年代に繰り返し発生したM7級の地震はそうした複数のアスペリティが個別に破壊したことによって発生したと推定され、そのうち1936年の地震は2005年の地震と同じアスペリティの破壊であった可能性が高いことが判明した。

さらに、2005年の地震発生前後におけるプレート間すべりの状況を、GPS連続観測のデータおよび相似地震（微小繰り返し地震）活動から推定した。2005年の地震は小規模な余効すべりを伴っており、その範囲は本震の破壊域およびその南西側に広がっている。この余効すべり域では本震の発生後に微小地震活動が活発化しているようであり、さらに海底地震計のデータを加えて精査すると、その活発化はM7.2の地震が発生する約10日前に始まっている可能性が示された。

一方、仙台・石巻平野における過去の巨大津波の浸水域と地震に関連した地殻変動の履歴を地質学的証拠から明らかにするため、仙台平野中南部の地形判読を行い、それにより認定した堤間湿地内の測線沿いにピートサンプラー及びジオスライサーを用いて試料採取を行った。この調査により、西暦869年に発生した貞観津波の遡上距離と津波襲来当時の海岸線の位置を復元し、貞観の津波は当時の海岸線から少なくとも3kmは遡上していることを明らかにした。また、貞観津波を示す津波堆積物より古い地層中に、少なくとも2層の津波堆積物が広域に観察されることから、貞観津波以前にも巨大な津波が本地域に襲来していたと推定した。最も古い津波堆積物の直下から得られた炭素片の放射性炭素年代測定値は、3980–3820 cal yr BPを示した。仙台平野と同様に浜堤列が発達する石巻平野では、

貞観の津波に相当する津波堆積物は観察されなかったが、過去の海水準を示す前浜堆積物の高度分布から、過去 100 年間に観測されている沈降現象は、数千年の時間スケールでは継続していないと推定した。

これと平行して、三陸海岸・大槌湾内及び吉里吉里湿地においては、ボーリング・ジオスライサーによる試料採取調査を行い、内湾海域での既存の音波探査等の記録解析を行った。また試料の年代測定を実施した。これらの結果から、三陸海岸・大槌湾（水深約 10m から 34m まで）では、過去 6000 年間の地層中から、22 枚の津波の痕跡の可能性がある粗粒堆積物を見いだした。このうち、上部の 16 枚については過去約 2500 年間に平均 100-150 年間隔で堆積しており、下部の 6 枚については、過去約 2500 年前から 6000 年前までは平均 500-800 年間隔で堆積していた。吉里吉里湿地における試料採取の結果、過去約 2000 年前から約 5000 年前間の泥炭層中に少なくとも 6 枚の津波堆積層（砂層）が検出され、これらの砂層の堆積は、約 500 年間隔であった。これらのことから、規模の大きい津波地震がこの付近の海域では、少なくとも 500 年毎に発生している可能性が高いことが推定された。

## 5. 活動報告

### 5. 1. 会議録

#### (1) 第1回 宮城県沖地震における重点的調査観測運営委員会 議事録

日 時 平成17年12月13日(火) 15時00分～17時20分

場 所 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター第一会議室

出席者 (委員)

東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	教授	長谷川 昭
東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	助教授	日野 亮太
東北大学大学院理学研究科環境地理学講座	教授	今泉 俊文
産業技術総合研究所活断層研究センター	研究チーム長	岡村 行信
東京大学地震研究所地震火山災害部門	教授	瀬瀬 一起
東北大学大学院理学研究科固体地球物理学講座	教授	佐藤 春夫
東京大学地震研究所地震予知研究推進センター	教授	平田 直
東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	教授	海野 徳仁
海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	プログラムディレクター	金田 義行
防災科学技術研究所	総括主任研究員	堀内 茂木
仙台管区气象台 技術部	地震情報官	青木 元
東北大学大学院理学研究科環境動態論講座	教授	箕浦 幸治
東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター	教授	源栄 正人

(オブザーバー)

文部科学省研究開発局地震・防災研究課	本部係長	和田 弘人
文部科学省研究開発局地震・防災研究課	地震調査官	碓井 勇二
東北大学大学院理学研究科・理学部・理学研究科事務部	事務長	渋谷 幸雄
東北大学大学院理学研究科 理学部・理学研究科事務部	事務長補佐	早坂 英美
東北大学大学院理学研究科 理学部・理学研究科経理係	経理係長	四ノ宮祐一
東北大学大学院理学研究科 理学部・物理系専攻事務室	室長	佐々木貞之
気象庁地震火山部地震津波監視課	調査官	田中昌之
地震・噴火予知研究観測センター	教授 藤本博巳、助教授 松澤 暢、助手 西野 実 研究員 内田 直希、博士課程後期 山本 揚二郎	

#### 議事概要

議事次第に入る前に、委員の出欠席ならびに配布資料の確認が行われた。なお、以下の追加資料も配布された。

追加資料：文科省 概要書

## 東北大 提案書・業務計画書

その後、出席者の自己紹介が行われた。

1. 今後の重点的調査観測について（文科省：碓井） 概要書  
碓井地震調査官より、活断層で発生する地震及び海溝型地震を対象とする重点的調査観測について、説明があった。  
海溝型地震の重点的調査観測の対象地域として、予測地震規模：M7.5 前後、30 年以内の発生確率：99%という地震発生の可能性の高い宮城県沖地震を取り上げた。また、本委託事業について重要視しているので、委託事業の成果そのものは文部科学省に帰属するが、一方で成果は積極的に学会等に発表して欲しいと説明があった。
  
2. パイロット的重点調査観測のレビュー（東北大理：長谷川） 資料 17-1-0  
長谷川委員より、今回の宮城県沖重点調査観測の研究を行う経緯を知っていただくために、過去における宮城県沖地震(1936年以降)と8/16に起こった宮城県沖地震を比較するなど、昨年度まで3年間にわたって行ってきたパイロット的重点調査観測、17年度突発災害（科研費）の研究成果報告を行った。
  
3. 8/16の宮城県沖の地震と過去の宮城県沖地震との比較（仙台管区気象台：青木） 資料 17-1-1  
8/16前後の地震活動（12/11までを調査）、1923年から2005年12月11日までの地震活動について震度と津波、M6以上の地震などを比較しながら説明した。8/16の地震は想定震源域を一部破壊しただけであり、今後、どの程度の大きさのアスペリティが残っているか今回研究が行われる重点調査観測での命題になると説明があった。
  
4. 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現 資料 17-1-2・3  
(東北大理：日野)  
東大地震研金沢教授が欠席のため、日野委員が長期海底地震観測・短期海底地震観測の両方の説明を行った。  
今回の宮城県沖重点調査観測では2種類の海底地震計を用い、そのうち長期型OBS（1年用）をモニタリングに対応可能な連続的データの取得のために運用する。そのため観測点の増強（15観測点）を行う。また、短期型OBS（3ヶ月用）は長期観測網の補助に使用し、活動度に応じた機動的運用をすることを説明した。  
また、今後も気象庁と協力をしながら、5年間で海底地震観測の充実を図るつもりであることを説明した。
  
5. 仙台・石巻平野における地質調査に基づく過去の活動履歴の把握

(産総研：岡村) 資料 17-1-4

仙台・石巻平野における地質調査の全体計画について説明を行った。今年度の計画としては、仙台平野の中南部及び石巻平野西部を中心に調査し、約 1000 年前に降下した十和田起源火山灰の分布を明らかにする。また津波来襲時の海岸位置を特定し、津波の浸水距離を推定する。さらに環境変動の影響を受けていない本調査に適した地点を見つけるために、仙台平野で調査を実施することを説明した。

#### 6. 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査（沿岸域における地質調査）

(東北大理：今泉) 資料 17-1-5

宮城県沖地震や三陸沖の地震の活動履歴を、地質学的調査により解明することを目的とし、今後 5 年間の活動計画を説明した。

今年度は津波堆積物の採取に成功した三陸沿岸の大槌地区周辺の内湾で音波探査調査を行うとともに、対比するために宮古湾音波調査、大槌町吉里吉里地区でのボーリング・ジオスライサーによる堆積物採取調査と年代測定を行うことを説明した。

#### 7. 仙台圏における高精度強震動評価の実現（東大地震研：額瀨） 資料 17-1-6

19 年度から 21 年度にかけて本計画で研究を行うことを説明した。速度型強震計を用いた観測を行い、そのデータを他のサブテーマで得られる震源域の情報や、過去の宮城県沖地震等のインバージョン解析結果を総合して、強震動評価のための震源モデルを構築する。また、表層増幅率地図を作成する。それらを用いて仙台圏などの強震動評価の高精度化を図ることを目的とすることを説明した。

#### 8. 運営委員会規則の承認

佐藤委員長より、第 5 条 2 において、委員長代理を東北大理：海野教授にお願いし、了承された。

作成者：事務局 飯淵 みか



(2) 第2回 宮城県沖地震における重点的調査観測運営委員会 議事録

日 時 平成18年3月30日(木) 10時25分～11時50分

場 所 エルパーク仙台 セミナー室

出席者 (委員)

東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	教授	長谷川 昭
東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター	教授	金沢 俊彦
東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	助教授	日野 亮太
東北大学大学院理学研究科環境地理学講座	教授	今泉 俊文
産業技術総合研究所活断層研究センター	研究チーム長	岡村 行信
東京大学地震研究所地震火山災害部門	教授	瀬瀬 一起
東北大学大学院理学研究科固体地球物理学講座	教授	佐藤 春夫
東京大学地震研究所地震予知研究推進センター	教授	平田 直
東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	教授	海野 徳仁
海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	研究員	藤江 剛
防災科学技術研究所	総括主任研究員	堀内 茂木
仙台管区气象台 技術部	地震情報官	青木 元
東北大学大学院理学研究科環境動態論講座	教授	箕浦 幸治
東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター	教授	源栄 正人

(オブザーバー)

文部科学省研究開発局地震・防災研究課	本部係長	和田 弘人
文部科学省研究開発局地震・防災研究課	地震調査官	碓井 勇二
文部科学省研究開発局地震・防災研究課	振興係員	井上 祐樹
東北学院大学教養学部 地域構想学科	教授	松本 英明
大阪市立大学大学院理学研究科都市地盤構造学講座	助教授	原口 強
千葉大学理学部地球科学教室	助教授	宮内 崇裕
海上保安庁海洋情報部航法測地室	主任衛星測地調査官	藤田 雅之
東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	助教授	松澤 暢

議事概要

議事次第に入る前に、第一回議事録を終了までに見ていただき、修正・確認をお願いした。また、委員会の時間が90分ということで、一人当たり20分の持ち時間でお願いをした。

1. 来年度の全体計画について (文科省：碓井)

碓井地震調査官より、H18年度の本事業の予算額等について説明があった。また研究成果

については、わかりやすい形で社会に還元していただきたい旨の説明があった。

## 2. 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

(東北大理：日野) 資料 17-2-0・1

日野委員から、東大地震研が担当する内容も含め、今年度の成果についての報告があった。8月16日に発生した地震の前後におけるプレート間すべりの状況を、海底地震観測、相似地震観測、GPS 観測から推定した結果が報告された。また、18年度も気象庁と協力しながら、引き続き海底地震観測の充実を図るつもりであることを説明した。

## 3. 仙台・石巻平野における地質調査

(産総研：岡村) 資料 17-2-2

岡村委員が仙台・石巻平野における地質調査の報告を行った。今年度は、水神沼・山元町・亘理町・仙台空港周辺において調査を実施し、各地において得られた地質サンプル中に約1000年前に仙台平野を襲った貞観の津波による津波堆積物を認めることができたことが報告された。

## 4. 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査（沿岸域における地質調査）

(大阪市立大理：原口) 資料

17-2-3

今泉委員に代わり、原口博士より今年度の業務実施状況ならびに成果についての報告があった。今年度は、大槌地区周辺で音波探査調査およびボーリング・ジオスライサーによる堆積物採取調査を実施し、過去5000年間に大規模な津波イベントが約500年間隔で発生していたことが明らかになったと報告された。

## 5. 第一回運営委員会議事録の承認

特に訂正・意見等がなかったので、議事録は承認をされた。

## 6. 成果報告書について（文科省：碓井）

平成17年度の成果報告書は、以下のスケジュールで進めたい。

4/24までに1部作成し、文部科学省の担当者に提出。

5/17までに文部科学省は修正事項を連絡。

5/30までに、H17年度成果報告書を3冊作成し、文部科学省に提出。

なお、東北大は再委託分も合わせて成果報告書を取りまとめる。

作成者：事務局 飯渕 みか

5. 2. 対外的発表

(1) 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

(a) 長期海底地震観測

1) 成果の論文発表・口頭発表等

今のところはなし。

2) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし。

(b) 短期海底地震観測・GPS/相似地震

1) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
三浦哲・油井智史・長谷川昭・佐藤俊也・立花憲司	2005年8月16日宮城県沖地震(M7.2)に伴った地殻変動	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
岡田知巳・柳沼直・北佐枝子・海野徳仁・松澤暢・中島淳一・内田直希・河野俊夫・長谷川昭	1978年宮城県沖地震の余震分布の比較—余震活動域の時間的保存性	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
海野徳仁・河野俊夫・岡田知己・中島淳一・松澤暢・内田直希・長谷川昭・田村良明・青木元	過去の宮城県沖地震の震源再決定	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
山本揚二郎・日野亮太・西野実・桑野亜佐子・山田知朗・金沢敏彦・青木元・橋本徹夫・阿部正雄	宮城県沖地震震源域の地震波速度構造と微小地震活動	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
内田直希・松澤暢・平原聡・長谷川昭	2005年8月16日宮城県沖の地震(Mj7.2)周辺の相似地震活動	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月
日野亮太・山本揚二郎・西野実・金沢敏彦・山田知朗・中東和夫・望月公廣・篠原雅尚・青木元・田中昌之・金田義行・荒	海底地震観測による2005年8月16日宮城県沖地震の本震および余震の震源分布	日本地震学会 2005年 年秋季大会	2005年10月

木英一郎・小平秀一・藤江剛			
長谷川 昭・海野徳仁・松澤 暢・三浦 哲・日野亮太・岡田知己・内田直希・河野俊夫	2005年8月16日宮城県沖地震 (M7.2) について—想定宮城県沖地震との関連	第24回日本自然災害学会 学術講演会	2005年11月
長谷川昭	2005年8月16日宮城県沖地震の概要	第24回自然災害学会	2005年11月
Uchida, N., T. Matsuzawa, S. Hirahara, T. Igarashi, M. Kasahara, and A. Hasegawa	Quasi-static Slips Around the Source Areas of the 2003 Tokachi-oki (M8.0) and 2005 Miyagi-oki (M7.2) Earthquakes, Japan Estimated From Small Repeating Earthquakes	AGU 2005 Fall Meeting	2005年12月
Okada, T., T. Yaginuma, N. Umino, T. Kono, T. Matsuzawa, S. Kita, and A. Hasegawa	The 2005 M7.2 Miyagi-Oki earthquake, NE Japan: Possible rerupturing of one of asperities that caused the previous M7.4 earthquake	Geophys. Res. Lett., 32, L24302, doi:10.1029/2005GL024613	2005年
Yamamoto, Y. R. Hino, M. Nishino, T. Yamada, T. Kanazawa, T. Hashimoto and G. Aoki	Three-dimensional seismic velocity structure around the focal area of the 1978 Miyagi-Oki earthquake	Geophys. Res. Letter	印刷中
Yaginuma, T., T. Okada, T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa	Coseismic slip distribution of the 2005 off Miyagi earthquake (M7.2) estimated by inversion of teleseismic and regional seismograms	Earth Planet Science	投稿中
Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki	Revisit to the 1930s' three Miyagi-oki earthquakes with magnitude more than 7: Possible rupturing of	Earth Planet Science	投稿中

	asperities that caused the 1978 M7.4 Miyagi-oki earthquake		
Hino, R., Y. Yamamoto, A. Kuwano, M. Nishino, T. Kanazawa, T. Yamada, K. Nakahigashi, K. Mochizuki, M. Shinohara, K. Minato, G. Aoki, N. Okawara, M. Tanaka, M. Abe, E. Araki, S. Kodaira, G. Fujie and Y. Kaneda	Hypocenter distribution of the main- and aftershocks of the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake located by ocean bottom seismographic data	Earth Planet Science	投稿中
Miura, S., S. Yui, N. Uchida, T. Sato, K. Tachibana and A. Hasegawa	Co- and post-seismic slip associated with the 2005 Miyagi-oki earthquake (M7.2) as inferred from GPS data	Earth Planet Science	投稿中

2) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定なし。

(2) 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査

(a) 仙台・石巻平野における地質調査

1) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
岡村行信・澤井祐紀・宍倉正展・鎌滝孝信・佐竹健治・藤原 治・小松原純子・藤井雄士郎	仙台平野の古津波	日本地震学会	平成 17 年 10 月 21 日

2) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定なし。

(b) 東北地方太平洋沿岸における地質調査

1) 成果の論文・口頭発表

著者	題名	発表先	発表年月日
----	----	-----	-------

Haraguchi, T., Fujiwara, O., Shimazaki, K.	Subaqueous Tsunami Deposits from Ohtsuchi Bay of Sanriku Coast, North Eastern Japan	American Geophysical Union Fall Meeting	平成 17 年 12 月 5 日
原口強・鳥居和 樹・藤原治・島 崎邦彦・今泉俊 文	東北地方三陸海岸、大槌湾の津 波堆積物	北淡活断層シンポジ ウム	平成 18 年 1 月 15 日
鳥居和樹・原口 強・吉永佑一・ 高田圭太・今泉 俊文	東北地方三陸海岸、吉里吉里湿 地の津波堆積物	北淡活断層シンポジ ウム	平成 18 年 1 月 15 日

2) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定  
なし。

## 6. むすび

本年度は、以下の成果を得た。

### (1) 宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

#### (a) 長期海底地震観測

平成 17 年度は、想定震源域における繰り返し観測を 5 観測点で平成 17 年 12 月から開始した。観測に使用した海底地震計は、1 年間連続して観測することのできる長期観測型の海底地震計である。東京大学地震研究所で新規整備した海底地震計の設置作業は、東北大学と協力して平成 17 年 12 月 23 日に実施した。すでに厳冬期に入っていたが、ヘリコプターを利用することにより、順調に海底設置することができた。また、大量のデータを処理するための海底地震計データの 1 次処理装置の構築を行った。

#### (b) 短期海底地震観測・GPS/相似地震観測

平成 17 年度は、2005 年 8 月 16 日 11 時 46 分に宮城県沖において発生した M7.2 の地震について、この領域において繰り返し発生している M7.5 級のプレート境界地震のサイクルの中での位置づけを明らかにすることを目的として、地震発生時の海底地震観測データを用いた精密な震源決定を行うとともに、1978 年や 1930 年代に発生した宮城県沖地震との相対的な震源域の関係についての検討を行った。その結果、2005 年の地震は明らかにプレート境界で発生した地震ではあるが、1978 年の地震時に破壊された複数のアスペリティの一部のみを破壊したものであることが分かった。さらに、1930 年代に繰り返し発生した M7 級の地震はそうした複数のアスペリティが個別に破壊したことによって発生したものと推定され、そのうち 1936 年の地震は 2005 年の地震と同じアスペリティの破壊であった可能性が高いことが判明した。

また、2005 年の地震発生前後におけるプレート間すべりの状況を、GPS 連続観測のデータおよび相似地震（微小繰り返し地震）活動から推定した。2005 年の地震は小規模な余効すべりを伴っており、その範囲は本震の破壊域およびその南西側に広がっている。この余効すべり域では本震の発生後に微小地震活動が活発化しているようであり、さらに海底地震計のデータを加えて精査すると、その活発化は M7.2 の地震が発生する約 10 日前に始まっている可能性が示された。

### (2) 過去の活動履歴を把握するための地質学的調査

#### (a) 仙台・石巻平野における地質調査

平成 17 年度は、仙台・石巻平野における過去の巨大津波の浸水域と地震に関連した地殻変動の履歴を地質学的証拠から明らかにするため、仙台平野中南部の地形判読を行い、それにより認定した堤間湿地内の測線沿いにピートサンプラー及びジオスライサーを用いて試

料採取を行った。この調査により、西暦 869 年に発生した貞観津波の遡上距離と津波襲来当時の海岸線の位置を復元し、貞観の津波は当時の海岸線から少なくとも 3km は遡上していることを明らかにした。また、貞観津波を示す津波堆積物より古い地層中に、少なくとも 2 層の津波堆積物が広域に観察されることから、貞観津波以前にも巨大な津波が本地域に襲来していたと推定した。最も古い津波堆積物の直下から得られた炭素片の放射性炭素年代測定値は、3980–3820 cal yr BP を示した。仙台平野と同様に浜堤列が発達する石巻平野では、貞観の津波に相当する津波堆積物は観察されなかったが、過去の海水準を示す前浜堆積物の高度分布から、過去 100 年間に観測されている沈降現象は、数千年の時間スケールでは継続していないと推定した。

#### (b) 東北地方太平洋沿岸における地質調査

平成 17 年度は、三陸海岸・大槌湾内及び吉里吉里湿地において、ボーリング・ジオスライサーによる試料採取調査を行い、内湾海域での既存の音波探査等の記録解析を行った。また試料の年代測定を実施した。これらの結果から、三陸海岸・大槌湾（水深約 10m から 34m まで）では、過去 6000 年間の地層中から、22 枚の津波の痕跡の可能性がある粗粒堆積物を見いだした。このうち、上部の 16 枚については過去約 2500 年間に平均 100–150 年間隔で堆積しており、下部の 6 枚については、過去約 2500 年前から 6000 年前までは平均 500–800 年間隔で堆積していた。吉里吉里湿地における試料採取の結果、過去約 2000 年前から約 5000 年前間の泥炭層中に少なくとも 6 枚の津波堆積層（砂層）が検出され、これらの砂層の堆積は、約 500 年間隔であった。これらのことから、規模の大きい津波地震がこの付近の海域では、少なくとも 500 年毎に発生している可能性が高いことが推定された。