

# ニュージーランド南島北部における地震観測

三浦勉・飯尾能久・Richard H. SIBSON<sup>(1)</sup>・岡田知己<sup>(2)</sup>・松本聡<sup>(3)</sup>・Jarg PETTINGA<sup>(4)</sup>  
Stephen BANISTER<sup>(5)</sup>・平原聡<sup>(2)</sup>・中山貴史<sup>(2)</sup>・中元真美<sup>(3)</sup>・山田真澄・大見士朗  
米田格・濱田勇輝・高田陽一郎・深畑幸俊・小菅正裕<sup>(6)</sup>・John TOWNEND<sup>(7)</sup>  
Martin REYNERS<sup>(5)</sup>・Francesca C GHISETTI<sup>(4)</sup>

(1)ニュージーランド、オタゴ大学, (2)東北大学, (3)九州大学, (4)ニュージーランド、カンタベリー大学, (5)  
ニュージーランド、GNS SCIENCE, (6)弘前大学, (7)ニュージーランド、ビクトリア大学

## 1. はじめに

本研究は、ニュージーランド南島北部の地震活動を調査・研究するために2009年11月にマーチソン周辺に2カ所の観測点を設置することから始められた。調査・研究の目的は、沈み込む海洋プレートから脱水した水が上昇して地殻に達し、下部地殻を局所的にやわらかくすることにより形成されると考えられている不均質領域の実態を明らかにして、内陸地震の発生過程のモデルを確立することである。ニュージーランドは、太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界に位置し、日本と同じように地震活動が活発な場所である。日本では、太平洋プレートの沈み込みに伴う深い地震を活用できる東北地方においては、火山がある為か得られた構造が複雑で解釈は簡単ではなく、西南日本では深い地震があまり起こっておらず十分な結果が得られていない。ニュージーランド南島は、活火山がなく、地質構造も比較的単純であり、固い基盤岩が広く露出しているために人工的なノイズも極めて小さく、上述の目的を達成させるためには非常に良い場所である。

また南島内、南西から北東にかけて2つのプレートの境界にアルパイン断層(Fig. 1)が走っており、北東部ではいくつかに分岐している。

ここ100年の間にアルパイン断層の西側で、1929年マーチソン地震(M7.7)、1968年イナンガファ地震(M7.2)等が起こっている(Fig. 2)。また、2010年9月にダーフィールド地震、2011年2月、6月には、クライストチャーチ地震が起こっている。この研究では、その余震活動の観測も行った。余震観測は、クライストチャーチ周辺に地震計を29か所設置し、北部の地震活動の観測には、余震観測後に50か所になるように地震計を設置している。

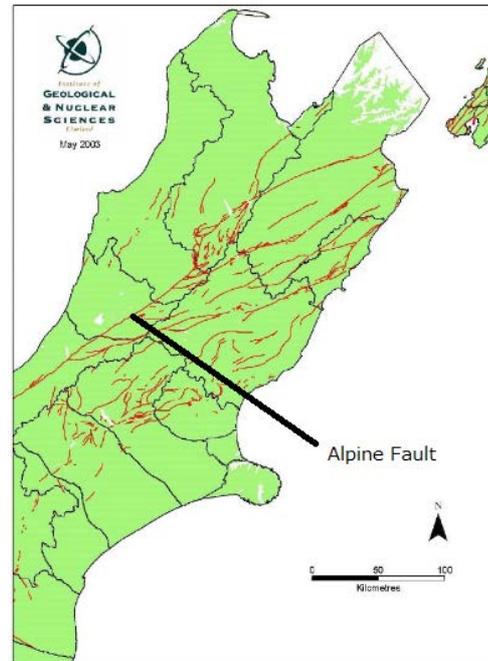


Fig. 1 Active Fault map in the northern part of the South Island in New Zealand (From NZ GEOLOGICAL NUCLEAR & SCIENCE)

2013年に起こったクック海峡での地震では、Victoria University of Wellington (以下、VUW) が観測を行った。我々は、機材の貸与により観測に協力し、そのデータを我々の観測データにマージした。また、この地震を受けて、2013年12月にこの周辺の観測点を増設した。

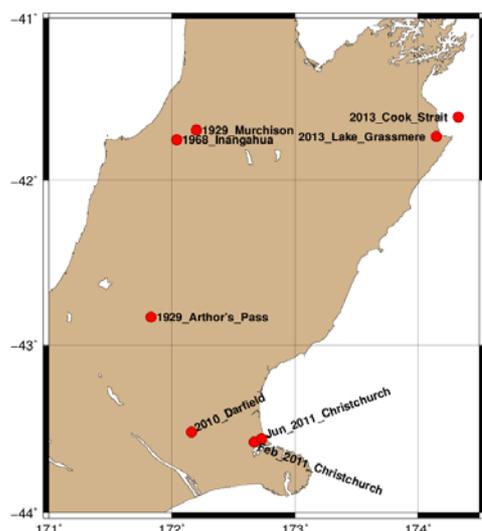


Fig. 2 Epicenters of recent large earthquakes

## 2. 観測システムと観測

本章では、観測システムと観測アレイの展開について述べる。また、2011年2月に起こったクライストチャーチ地震の余震観測についても述べる。観測においては、カンタベリー大学のポストドク、大学院生や学生が設置およびメンテナンスに参加した。現地の人々が観測に参加することで、土地交渉やメンテナンスにおいてトラブルがある時に非常に助かっている。

### 2.1 観測システム

観測システムは、京都大学と株式会社近計システムが中心となって開発した「満点システム」を使った。「満点システム」とは、地震データの量と質を飛躍的に上げるために、多点で高精度かつ容易に地震を観測できる安価な次世代型の地震観測システム（地震計：KVS-300（以下、地震計）、記録装置：EDR-X7000（以下、ロガー）Photo1）である。バッテリーは、単一乾電池を使った。当初消耗品などは、品質や入手性に問題があると考えられたので、日本からその他機材を含め、飛行機で持ち込むことにした。しかしながら、1回のメンテナンスにつきおよそ1600個の電池を空輸せねばならず、持ち込み時の重量や危険性の件で、トラブルになる可能性があったので、現地でバッテリー販売業者を探した。また、機材のカバーをはじめとした消耗品は、現地にDIYの店が多数あり、そこで調達することが可能であることが分かった。

このシステムの仕様を簡単に述べる。地震計の固有周波数は2Hz、感度は約0.8V/kine以上、サイズは、104×104×104mmの1.5kgである。地震計には、設置

固定用のビスが付属しており、岩盤にも設置がしやすい設計となっている。また、防水仕様（IP65相当）なので、観測点によっては埋設設置も行っている。特にカンタベリー平野は、堆積層なので、埋設観測が大半である。ロガーの記憶容量は、コンパクトフラッシュメモリーの4Gbyteを6枚挿入、GPS時計を内蔵し、時刻精度は、1ms以下、電源はDC12V 0.08w (typ.)、サイズは、230(W)×181(D)×68(H)の約1.2kgである。このロガーをRVボックスに収納し、観測点に設置する。



Photo 1 Manten System

サイトによっては、入場禁止期間が8カ月に及ぶ地域もある為、メンテナンスのタイミングは、8カ月と4カ月に分割することで行うことにした。単一乾電池を直列で8本繋いだものを並列で4setつなぎ、CFカードを6枚設置して9カ月の観測を維持した実績もあるので、8カ月にわたる長期間の観測も十分可能である。

### 2.2 マーチソン周辺の地震観測

2009年11月からマーチソン周辺に2点の観測点(Fig. 3)を設定し、観測を行っている。また、並行して観測点アレイを構築するためのサイトサーベイを行ってきた。

この観測とサイトサーベイを2010年3月、10月の3回で行った。その後、クライストチャーチ周辺で地震が起こり、余震観測を行った。この余震観測については、次項で詳細を述べる。この余震観測を行うために、用意していた機材のほとんどを使ったので、マーチソン周辺の地震観測は、2012年3月まで既存2点のみの観測を継続した。2012年3月に、19点の機材を移設あるいは新規導入した。これによりマーチソン周辺の観測点数は21点になった (Fig. 4)。

さらには、クライストチャーチの余震が東側に移動している傾向が見られたので、残っていた機材も東部以外は、マーチソン周辺の観測アレイに移設することを行った。それが、2013年4月である。これにより、マーチソン周辺の観測点数は、35点となった

(Fig. 5).

2013年夏にクック海峡付近でMw6.5の地震が起こり、それをVUWが臨時観測を行った。期間は8月下旬から11月上旬にかけてであった。この地震をうけて、我々も南島北東部分の観測アレイを構築すべく、2013年12月に2点増設を行った。これにより37点の観測アレイとなった(Fig. 6).

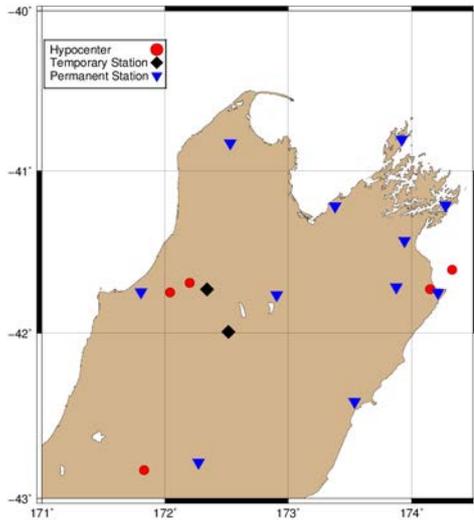


Fig. 3 Locations of seismic stations in 2009 and the recent large earthquakes shown in Fig. 2

これらの観測点の地震計は、それぞれ人口ノイズの少ない露岩のあるサイトに設置している。一部の観測点では、トラブルにあたりすることもあるが、これまでデータは良好に記録されている。観測点の1例を Photo2 に示す。被写体は、現地ヘルパーの Jason-san である。我々は、現地の方が日本人に敬意を払って”さん”付で読んでくれることに感謝し、こちらも、現地の方を”さん”付けて呼んでいる。

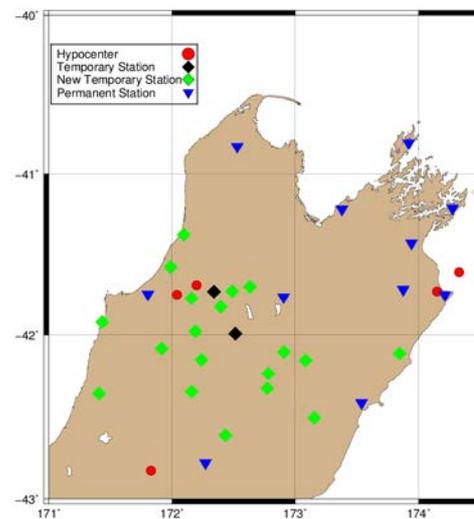


Fig. 4 Stations after 2012/03

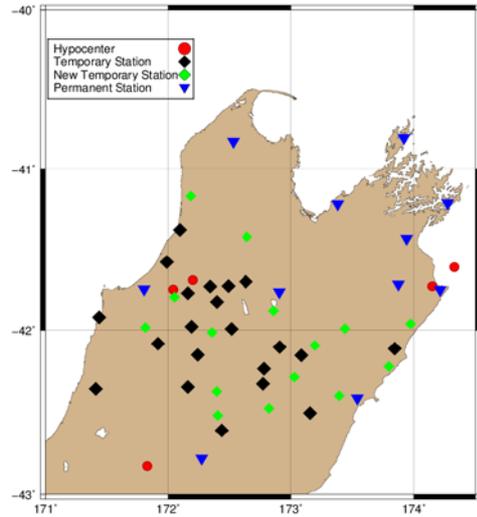


Fig. 5 Stations after 2013/4

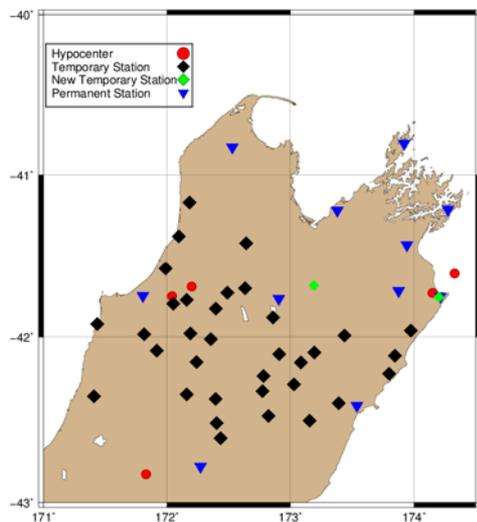


Fig. 6 Stations after 2013/12



Photo 2 Installed seismometer

## 2.3 余震観測

2010年10月に起こったダーフィールド(クライストチャーチの西方)での地震を発端に、2011年2月のクライストチャーチ地震を受けて同年3月に緊急に余震観測を行うことにした。設置点は29点、設置場所は、Fig. 7のとおり。クライストチャーチ周辺は、流砂土が地質的に優位で地震計を埋設して設置した(photo 3)。バンクス半島でも地震活動が活発であったのでここにも設置を行った。設置は、ニュージーランドが定常点として設置している箇所に重ならないように設置を行った。このときのニュージーランドは夏時間であり、朝は6時から夜は20時ころまで明るく、設置作業は長い1日のおかげで順調に行うことができた。また、同行したニュージーランドのヘルパーのおかげもあり、地震観測に難色を示す地主もいなかった。むしろ協力的であったといえる。中には、自分ら日本人が同行していることで神戸の地震を話題に出す地主もいた。

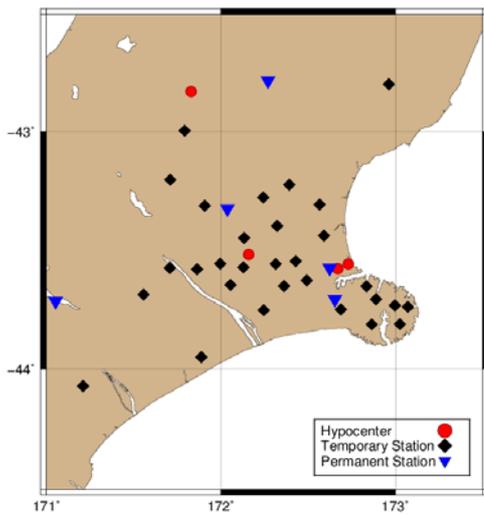


Fig. 7 Stations for the aftershock observation



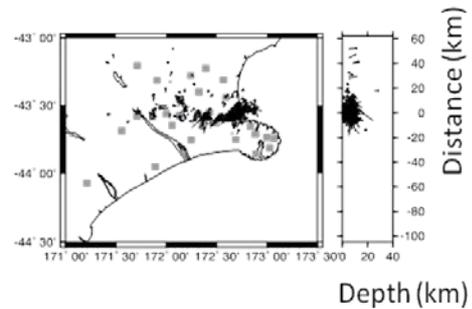
Photo 3 Station in Canterbury

長期間にわたる観測により、地主が変わってしま

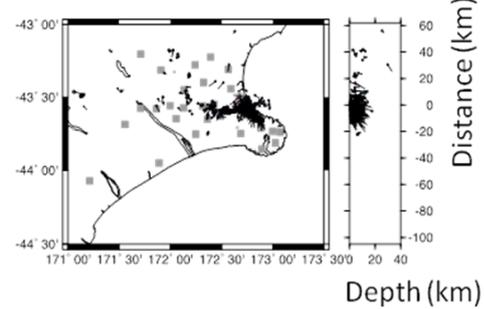
い観測の継続が困難になったことや、農繁期の作業中に壊れてしまったとかの事情で観測点は減少した。

また、余震観測域が、全体的に東へシフトしてきており(Fig. 8)、今でも活発な地震活動を呈している付近以外は、すべてマーチソン周辺の観測へ移設したため、2013年12月以降の観測点アレイは、Fig. 9となっている。

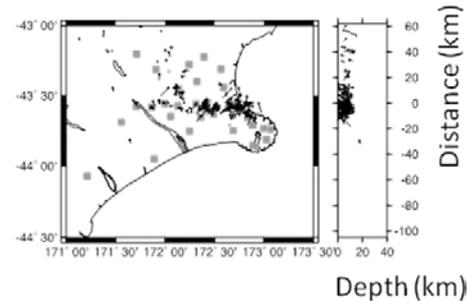
2011-03



2011-06



2011-09



2012-01

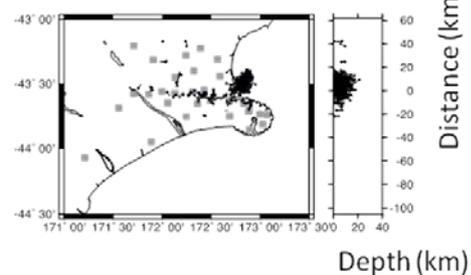


Fig. 8 Seismicity in Canterbury

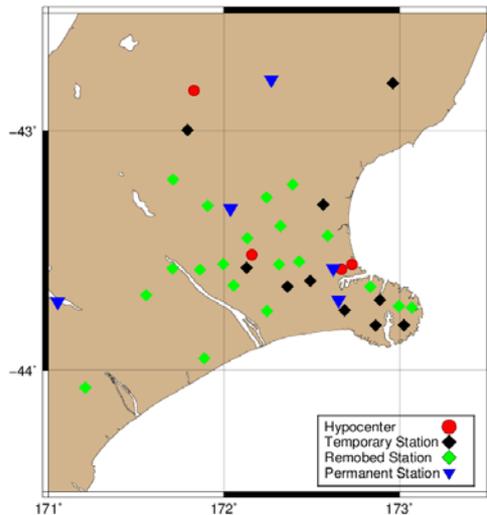


Fig. 9 Moving of seismic stations for the aftershock observation

### 3. 海外の観測について

いままでに、ニュージーランドへの渡航を11回繰り返してきた (Table 1).

Table 1 History of maintenance

No.	Years	Member
1	2009/11	Iio,etc
2	2010/03	Miura,etc
3	2010/10	Iio,etc
4	2011/03	Miura,etc
5	2011/06	Miura,etc
6	2012/02	Miura,etc
7	2012/03	Miura,etc
8	2012/10	Miura,etc
9	2013/04	Miura,etc
10	2013/04	Iio,etc
11	2013/11	Yoneda,etc

ニュージーランドのカウンターパートとのやり取りはもちろん英語しかない。国内での準備は、ほとんどのことはメールでやりとりができるが、ごく稀に電話による口頭連絡などもありうる。文化の違いや発音の違いによる聞き取り方によっては、何度か意思疎通が困難なことがあった。身近な例で言うと”友達”の発音は、”フリンジ”と聞こえる。アルフ

アベットの”N”は、”イン”と聞こえる。その他にもいくつかあるが、ニュージーランドの人はすごくおおらかなので、多少のことは、笑って済ませることができる。

資材調達は、非常に難しい。調達コストの削減や期待通りの仕様の資材を調達するためには、ニュージーランドの品質を試すしかない。特に乾電池は、1回あたり1600個も購入するので、品質の良いものを、可能な限りディスカウントして購入したい。

上手くディスカウントできてもクレジット払いの為に現地に行って、直接現物引き取りをしなければならぬなどの制約を課せられたこともあって、簡単には購入できなかった。最近では、これらすべて現地のヘルパーに任せ、資材は調達できるようになった。がたまに、意思疎通が不完全でディスカウントができてなかったということもあった。

最近まで我々とヘルパーの関係は、雇い主と観測のお手伝いであった。しかし、優秀な学生と会うことができ、且つ、クライストチャーチの復興も順調に進んでいるようで今までお手伝いだった現地の業者が、本格的に技術的協力をしてくださることになった。今までの資料やメンテナンス記録をつけたログは、この時のためにすべて英文で作成してきたので、業務の依頼については、それほど労力を払うことはなかった。今後は、より一層の技術面のフォローが必要になってくることが考えられるので、言語の壁は非常に高いと感じても、継続したいと考えている。

### 4. データ処理について

データは、近計システムの独自フォーマットから日本国内でのデファクトスタンダードであるWIN Systemフォーマットに変換し全点のデータ処理を行う。また、ニュージーランドは夏時間が設けられており、時間管理が煩雑になるのでUTCを基準時刻とした。このデータとニュージーランドの定常点のデータをマージして解析を行っている。

また、データ処理の為に、日本の観測と同様、点の記の作成、地動モニタやノイズレベルモニタの作成・確認を行いつつ、GPSファイル (GPSと内部時計の時刻ずれ、温度とバッテリー電圧が記録されたファイル)のグラフ化も行い、関係者に閲覧できるようにweb公開している。

## 5. 解析結果

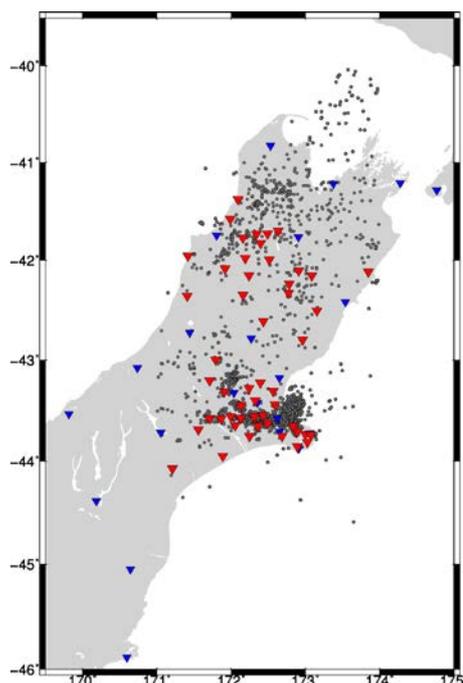


Fig. 10 Distribution of epicenters (dots) and temporal seismic stations (red triangles)

Fig. 10は、2012/3/1～2012/9/3まで、観測点は73点 (▼：臨時観測点(51か所)、▼：定常観測点(22

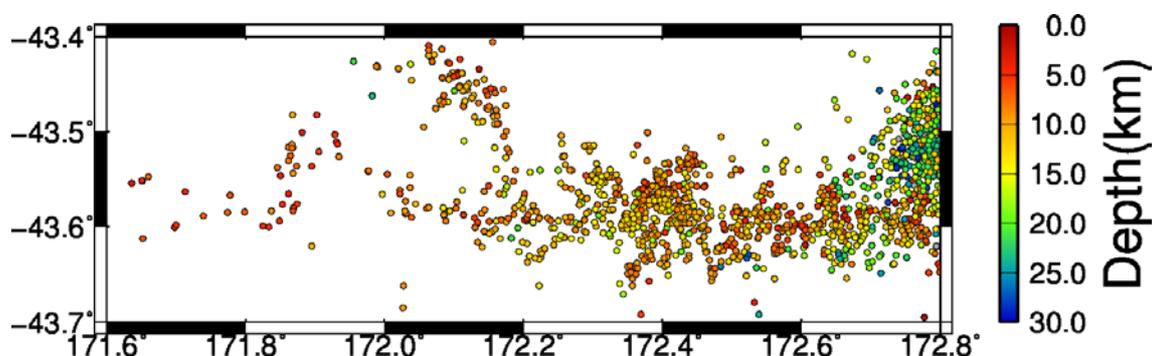


Fig. 11 Re-located hypocentral distribution near Christchurch

## 謝 辞

観測に際しては、ニュージーランドの地主の方々の理解と協力をいただいている。DOC(Department of Conservation)には地震観測に便宜を計っていただいている。在日ニュージーランド大使館には色々とお世話になっている。Southern Geophysical LimitedのMike Finnermore氏には観測の遂行全般にわたって暖かいサポートをいただいている。ニュージーランドのヘルパーの方々には言語の壁・文化の違いを越えて、非常に適切なアドバイスをいただき、トラブル

か所) で地震は2895個ある。下限マグニチュード1.2としたデータである。このデータは、新たに活発になってきた東側の地震活動を示しており、それが、比較的深い地震活動として起こっていることが分かってきた(Fig. 11)。

## 6. おわりに

2009年からの観測は、現在軌道に乗っており、現地での強力なヘルパーを見つけることも出来た。また、何回かの渡航、および機材の輸出入を通して、如何にすればスムーズな輸出入ができるかについてもわかってきた。

今後もニュージーランドにおける観測を継続予定であるが、この観測の継続を通して、課題の理解に努めたい。

解決に向けて多大な尽力をいただいた。ここに感謝する。本研究はJSPS科研費23253004の補助を受けたものです。

## 参考文献

堀内 慎太郎 (2013) : ニュージーランドにおける稠密地震観測で得られた震源分布、東北大学卒業論文。