

4 次元位置情報管理の高度化に関する研究（第 1 年次）

実施期間 令和 7 年度～令和 10 年度
地理地殻活動研究センター 中川 弘之
宇宙測地研究室

1. はじめに

宇宙測地研究室では令和 2 年度から 6 年度まで、特別研究「災害に強い位置情報の基盤（国家座標）構築のための宇宙測地技術の高度化に関する研究」（以下「特別研究「国家座標」」という。）を実施した。その中で、定常時・災害時を通じて国内の任意の位置の地表変動を一元的にモデル化し、測位や測量で得られる座標に対して任意のエポック間の位置情報の変換を行う仕組み（以下「任意エポック間座標変換」という。）を構築した（小林ほか，2025）。

この仕組みでは、大地震を挟むエポック間の測位座標変換に、国土地理院が提供している地震や火山活動に伴う変動前の位置を、変動後の位置に近似的に補正するプログラム「PatchJGD」で使用している「座標補正パラメータ」（水平位置）及び「標高補正パラメータ」（標高値）を用いている。具体的には、座標変換の補正值を、座標/標高補正パラメータ対象範囲（基準点成果改定地域）内は座標/標高補正パラメータと電子基準点の座標時系列から、その外側では電子基準点の座標時系列のみから計算している。この補正值は、座標/標高補正パラメータの対象範囲の境界で外側の領域と滑らかにつながるべきものであるが、特別研究「国家座標」においては対象地域の境界におけるこの補正值の連続性は評価していなかった。

そこで本年度は、水平位置について、任意エポック間座標変換の座標補正值の、座標補正パラメータ対象範囲境界における連続性の調査を行った。なお、PatchJGD で読み込むパラメータの正式名称は前述のとおり「座標補正パラメータ」であるが、本稿では任意エポック間座標変換による「座標の補正值」と紛らわしいことから、以降は「座標補正パラメータ」を「PatchJGD パラメータ」と呼称することとする。

2. 座標変換の補正值の PatchJGD パラメータ対象範囲境界における連続性

調査対象は、これまでに PatchJGD パラメータが公開された地震のうち、特別研究「国家座標」において地表変動のモデル化を行った 2003 年 1 月 1 日から 2024 年 5 月 1 日までに発生した七つの地震とした。具体的には、平成 15 年十勝沖地震、2005 年福岡県西方沖の地震、平成 19 年能登半島地震、平成 19 年中越沖地震、平成 20 年岩手・宮城内陸地震、平成 28 年熊本地震及び令和 6 年能登半島地震である。なお、平成 23 年東北地方太平洋沖地震も PatchJGD パラメータが作成・公開されているが、このパラメータには測地成果 2000 から測地成果 2011 への座標変換の成分も含まれていることから、ほかの地震と性質が異なると考えて今回の調査からは除外した。

特別研究「国家座標」において開発した任意エポック間座標変換の仕組みは以下のとおりである。まず、電子基準点の最終解の時系列を関数近似して電子基準点座標の時系列モデルを作成する。次に、地震により成果改定を行った電子基準点については、地震後の成果改定日以降、時系列モデルから地震による成果改定量を減ずる（図-1）。最後に日本全域の電子基準点について座標値を日々空間補間して、日々のグリッドデータ（以下「変動パラメータ」という。）を作成する。

大地震を挟むエポック間の座標変換の補正值は、成果改定範囲外においては、それぞれのエポック

の基準日からの変動量を変動パラメータからバイリニア補間により求め、その差分をとる。一方、成果改定地域内の点では、両エポックの変動パラメータをバイリニア補間して求めた値の差分に、PatchJGD パラメータをバイリニア補間して求めた地震時の変動量を加減する（図-2）。

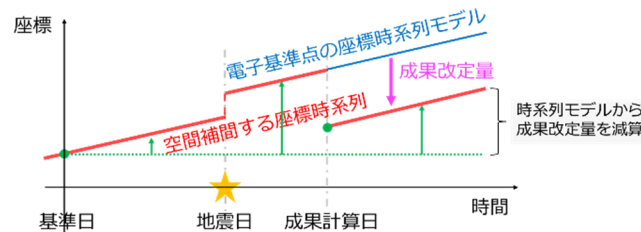


図-1 大地震に伴って成果改定を行った電子基準点座標の考え方の模式図。

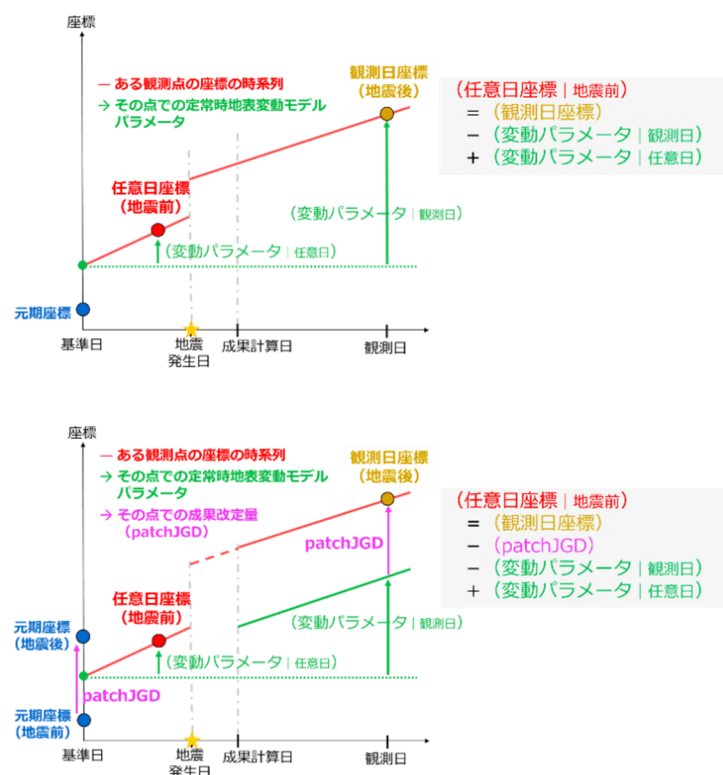


図-2 大地震を挟むエポック間の座標変換の補正値算出手法。地震後のエポックの座標を地震前のエポックに変換する場合。上図：成果改定範囲外，下図：成果改定範囲内。

地震に伴う地表変動は震源から離れた領域では空間的に連続的・滑らかに変化するはずである。そこで各地震の PatchJGD パラメータ対象範囲とその周辺について任意エポック間座標変換の補正値を計算し、その等量線図（図-3）と補正値の最大剪断ひずみの等量線図（図-4）を作成し、対象範囲境界における連続性とその変化について検証を行った。

その結果、令和 6 年能登半島地震以外の六つの地震については、補正値は期待に反して対象範囲の境界で急激に変化しており（図-3）、この領域で大きなひずみが見られた（図-4）。これは、この領域では地震を挟むエポック間の測位座標の変換結果に誤差が含まれることを示している。

一方、令和 6 年能登半島地震では補正値は境界の内外で滑らかに接続しており（図-3 下段右図）、

境界付近の補正値のひずみも小さい（図-4 下段右図）ことが明らかになった。

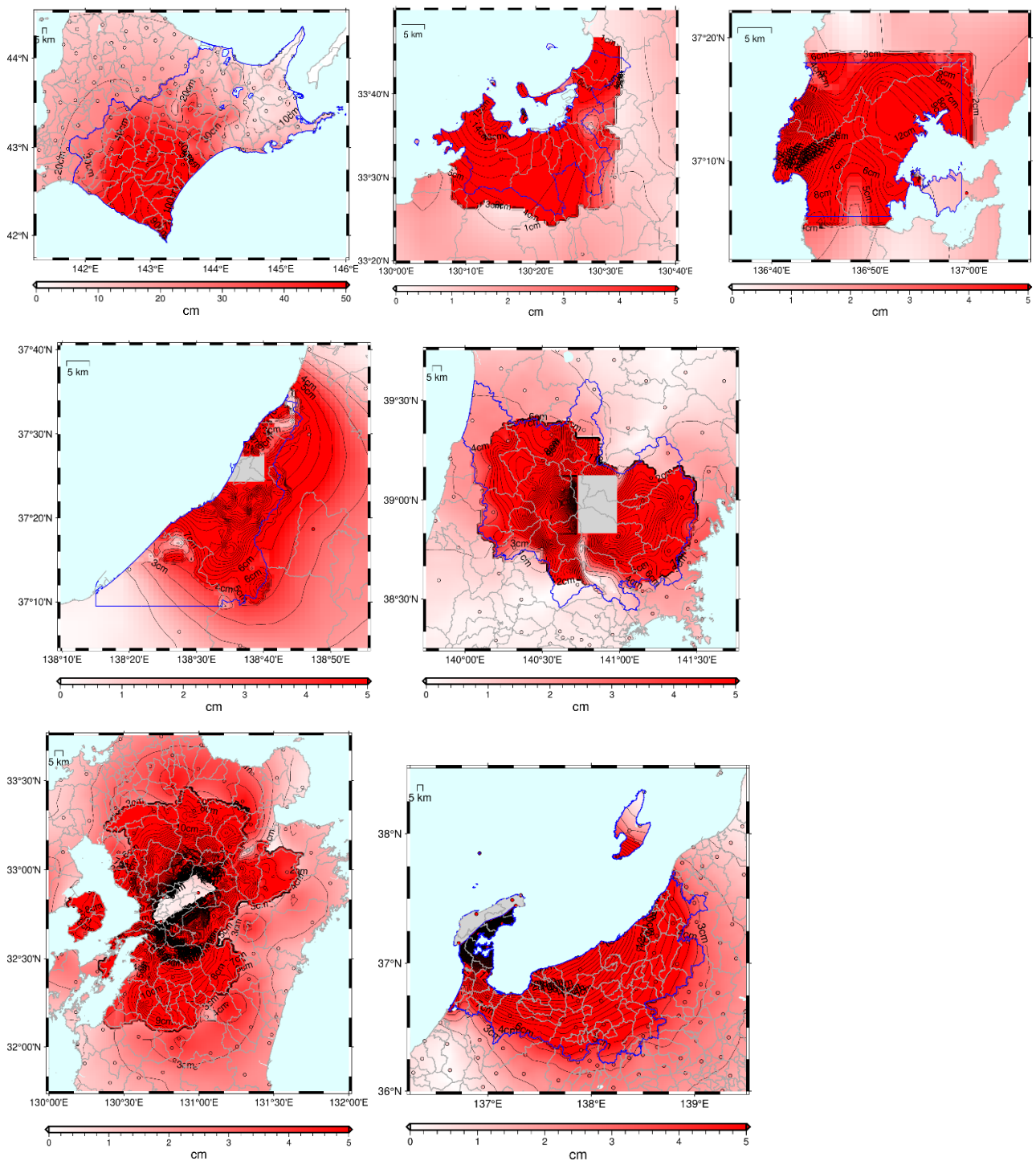


図-3 任意エポック間座標変換の補正値の等量線図。上段左から、平成 15 年十勝沖地震，2005 年福岡県西方沖の地震，平成 19 年能登半島地震，中段左から、平成 19 年中越沖地震，平成 20 年岩手・宮城内陸地震，下段左から、平成 28 年熊本地震，令和 6 年能登半島地震。丸印は電子基準点。青線は PatchJGD パラメータ対象範囲を含む市町村界の外周。

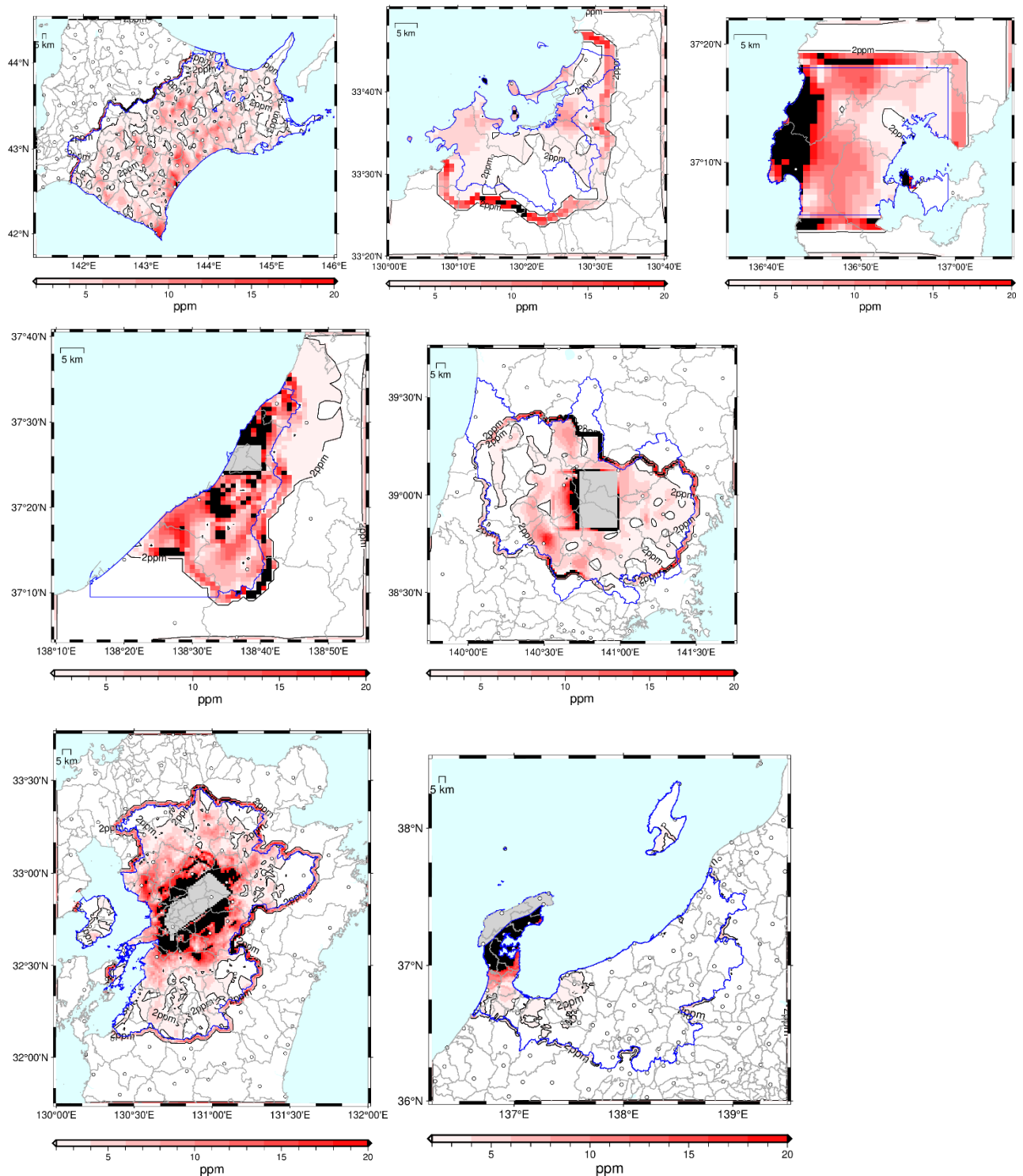


図-4 任意エポック間座標変換の補正值から計算した最大剪断ひずみの等量線図。上段左から、平成 15 年十勝沖地震，2005 年福岡県西方沖の地震，平成 19 年能登半島地震，中段左から、平成 19 年中越沖地震，平成 20 年岩手・宮城内陸地震，下段左から平成 28 年熊本地震，令和 6 年能登半島地震。丸印は電子基準点。青線は PatchJGD パラメータ対象範囲を含む市町村界の外周。

3. 考察

この補正值の急変の理由として、補正值の空間波長が PatchJGD パラメータ対象範囲の内外で異なっていることが考えられる。PatchJGD パラメータの対象範囲の外側では補正值は点間間隔約 20 km の

電子基準点のデータを約 5 km×5 km でグリッド化した変動パラメータから求めている。一方、対象範囲の内側では変動パラメータに PatchJGD パラメータから求めた地震時の変動量を加減して求めている。

令和 6 年能登半島地震以外の地震については、PatchJGD パラメータは電子基準点と三角点の成果改定量を空間補間して作成しており、その点間間隔は電子基準点よりも短い。またグリッドサイズも変動パラメータよりも小さい約 1 km×1 km である。したがって、任意エポック間座標変換の補正値は PatchJGD パラメータの対象範囲内部の方が外部よりも空間的に短波長となる。そのため、対象範囲の境界では急激に補正値が平滑化され、大きなひずみが生じると考えられる。

一方、令和 6 年能登半島地震については PatchJGD パラメータの計算は成果停止地域を二つの領域に分けて行われている。北側の石川県及び富山県氷見市では従来と同様に電子基準点と三角点の成果改定量を用いているが、地震時の変動量が小さく空間パターンが比較的単調な南側の領域（群馬県、新潟県、富山県（氷見市を除く）、長野県）では電子基準点の成果改定量のみを用いている。さらに、領域の外側の電子基準点の変動量をゼロに固定して補間を行っている（岩下ほか, 2024）。したがって、対象範囲南側の境界では PatchJGD パラメータは滑らかにゼロに近づき、その空間波長は電子基準点のデータを補間して作成した変動パラメータと同程度になっていると思われる。そのため、補正値の大きさは境界内外で不連続が生じず、空間波長も境界内外でほぼ等しいために大きなひずみが生じていないものと考えられる。

対象範囲の境界における補正値の不連続を軽減するためには、PatchJGD の対象範囲を地殻変動の空間パターンが単調になる範囲までとればよいと考えられる。その場合、これまでよりも、対象範囲が広がることが予想される。一方で、PatchJGD パラメータの対象範囲を広くすることは測量作業において改算が必要な範囲が広がることを意味し、測量に与える影響が大きい。今後、適切な対象範囲の決定方法について、更に検討を進めることが必要だと思われる。

4. まとめ

本年度は、特別研究「国家座標」で開発した任意エポック間座標変換を用いて、七つの地震について地震を挟むエポック間の座標補正量を調査した。その結果、令和 6 年能登半島地震を除く地震では PatchJGD パラメータの対象範囲境界で不連続が生じることを明らかにした。これは、PatchJGD パラメータの対象範囲の周辺で地震前後のエポック間の測位座標の変換を行った場合、結果に誤差が生じることを意味している。その理由として、補正値の空間波長が PatchJGD パラメータ対象範囲の内外で異なっていることが考えられる。今後、測量への影響を考慮しつつ、PatchJGD パラメータの適切な対象範囲の決定方法を検討していく必要がある。

参考文献

- 岩下知真子, 多田直洋, 高築晶, 山田直輝, 中久喜智一, 井上武久, 田上節雄, 高木悠, 植田勲, 若杉貴浩, 森克浩, 宗包晃子, 高松直史, 齋田宏明, 宮崎隆幸 (2024) : 令和 6 年能登半島地震に伴う基準点測量成果の改定, 国土地理院時報, 138, 63–74. doi:10.57499/JOURNAL_138_10
- 小林知勝, 中川弘之, 松尾功二, 服部晃久 (2025) : 災害に強い位置情報の基盤（国家座標）構築のための宇宙測地技術の高度化に関する研究（第 5 年次）, 国土地理院令和 6 年度調査研究年報, 156–163.