

【研究ノート】

日本列島における気象庁マグニチュードとモーメントマグニチュードの差についての予備的検討

山根温紀¹, 平井敬²

¹ 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科, 大学院生

² 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科, 准教授 博士 (工学)

日本列島付近における気象庁マグニチュード(M_j)とモーメントマグニチュード(M_w)の関係を把握するために, 気象庁セントロイドモーメントテンソル(CMT)解データを用いて $M_j - M_w$ を図示した. その結果から, 日本列島をいくつかの地域で区分した際に地震のセントロイド位置と $M_j - M_w$ の正負との間に3つの傾向が存在することを示した. また, 日本列島全体および地域ごとに M_j と M_w の関係を説明できる回帰式を示した. 前述した3つの傾向や回帰式の係数の地域ごとの差をもたらす要因については今後の検討課題である.

キーワード: 気象庁地震月報, CMT 解, セントロイド

1. はじめに

地震発生時, 気象庁が発表するマグニチュードによって, 私たちは地震の規模についての情報を得ることができる. マグニチュードには複数の種類があり, 日本では気象庁マグニチュード(M_j)とモーメントマグニチュード(M_w)が主に使われている. この2つの値には差が生じる場合が多い. M_w が9に近いような大規模な地震の場合では, $M_j < M_w$ であることが知られている. 例えば, 2011年東北地方太平洋沖地震では, 発生3分後における M_j の速報値が7.9で後に8.4に改訂された¹⁾が, どちらも M_w の9.0よりは小さい. また, M_w が8程度より小さい地震では $M_j > M_w$ であることが多いことが知られている. 例えば, 1995年兵庫県南部地震は $M_j = 7.3$, $M_w = 6.9$, 2016年熊本地震では $M_j = 7.3$, $M_w = 7.0$, 2024年能登半島地震は $M_j = 7.6$, $M_w = 7.5$ であった. 前者の関係が生じる原因は, M_j の定義²⁾⁻⁴⁾によって, M_w が8を超える大規模な地震について M_j が飽和する傾向を示すためである. 一方, 後者の関係が生じる原因は明らかになっていない.

$M8$ クラス未満の地震の $M_j > M_w$ の関係に関連する先行研究として, 武村⁵⁾は, 地震モーメント M_0 と M_j の関係に着目してマグニチュードの地域性について検討した. その結果, 海溝沿いの地震では佐藤

⁶⁾がまとめた M_0 と M_j の関係式がおおよそ成り立つが、内陸地震では Takemura et al.⁷⁾が伊豆半島周辺で発生する地震に対して求めた別の関係式がおおよそ成り立つという違いがみられる。これらの関係式を比較すると、 M_w 6 程度以上の規模の地震においては、内陸地震は海溝沿いの地震と比較して M_j がおおむね 0.3 以上大きくなる傾向がある。

また、同論文は海溝沿いの地震と内陸地震において M_0 と M_j の関係が異なる原因として、内陸地震の応力降下量が海溝沿いの地震に比べて大きいことや M_j の決定に用いられるやや長周期表面波の励起が大きいこと等が考えられると述べている。ただし、 M_0 と M_j の関係が異なる原因をいくつか指摘したのみで、それらの要因の M_0 と M_j の関係に対する影響の大きさを定量的な解明には至っていない。

本研究では、日本列島の各地域において $M_j - M_w$ の値を各地震のセントロイド位置に図示した。これにより、深部地下構造や震源断層の深さ、応力降下量の差などの要因が M_j と M_w の関係に与える影響を明らかにするための準備検討とした。

2. 研究方法

使用したデータは、 M_j と M_w の値は、気象庁地震月報（カタログ編）（以下、地震月報と表記）セントロイドモーメントテンソル(CMT)解データ⁸⁾から取得した。当該データベースには、本稿執筆時点（2025年11月末）で1994年から2023年3月までのデータが登録されているが、作図に用いた地震は1994年から2022年12月までのものとした。

検討内容としては、各地震のセントロイド位置を、地震月報付記の震央地名表大地域区分番号⁹⁾（以下、大地域区分と表記）の1-7についてそれぞれプロットした3種類の図を作成した。1つ目は、セントロイド位置に $M_j - M_w$ の値をプロットした俯瞰図である。2つ目は、各地域の主要な海溝またはトラフに直交する方向の断面図で、セントロイド位置を面上に投影した位置に $M_j - M_w$ の値をプロットした図である。3つ目は、各地域の M_j と M_w の関係をプロットした図である。

3. 結果

1994年から2022年までの期間で発生した M_w が求められているすべての地震について、 $M_j - M_w$ の値を計算した。図1, 2, 3にそれぞれ大地域区分2, 4, 7についての結果を図示する。本研究は日本列島全域を対象としているが、紙面の都合上それらに基づいて作成した一部地域についての図を掲載する。各図の(a)は地震セントロイド位置の俯瞰図、(b)は(a)で示したA-Bに沿う断面図である。(c)は、各地域で発生した地震の内、 M_w が求められているすべての地震の M_j と M_w の関係を図示した。図中の実線は各地域の地震についての回帰式、破線は回帰式の切片にそれぞれ $\pm\sigma$ （標準偏差）を加えた直線である。また、それぞれの決定係数 R^2 も図中に示した。

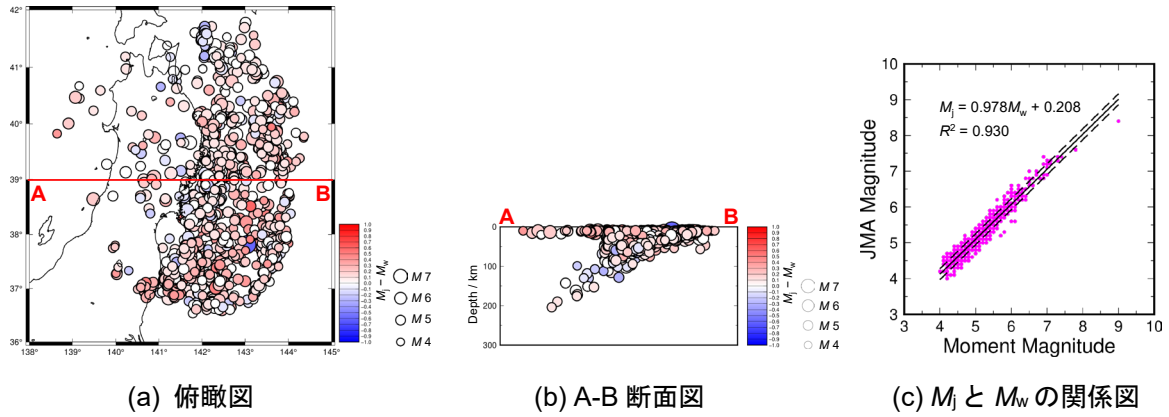


図 1 大地域区分 2 (東北) についての結果

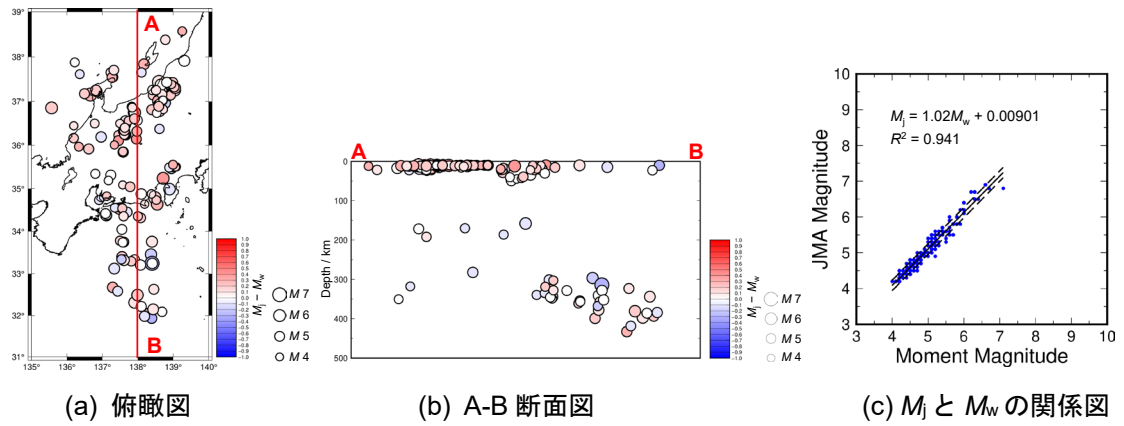


図 2 大地域区分 4 (中部) についての結果

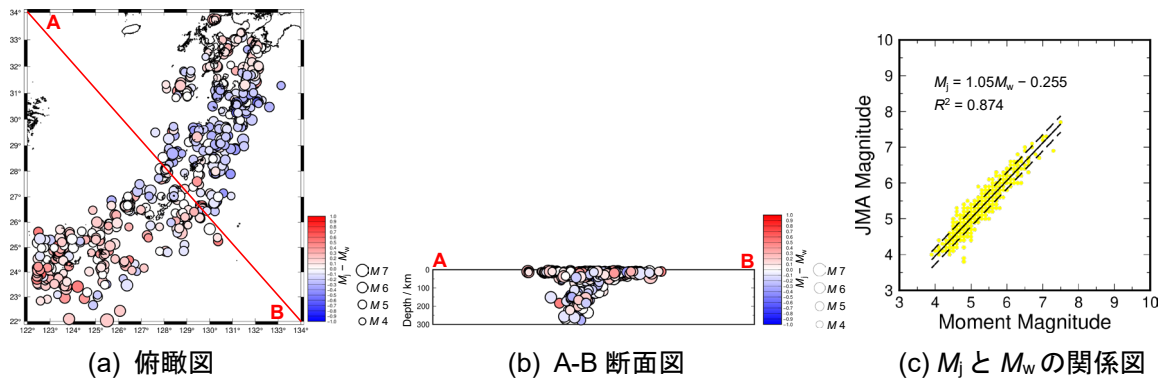


図 3 大地域区分 7 (九州, 沖縄) についての結果

4. 考察

図 1-3 より, 日本列島周辺で発生する地震について, 以下の 3 つの傾向があることが分かる。①図 1 (a), (b)で見られるある程度の深さより深い地震に $M_j < M_w$ のものが多いこと。②図 2 (a), (b)で見られる深さ 100 km より浅い地震では $M_j > M_w$ の割合が高い一方で, 深さ 300 km より深い地震は $M_j < M_w$ の割合が高まること。③図 3 (a), (b)で見られる沖縄本島以北に特徴的な $M_j < M_w$ の割合が高い領域が存在す

ること。また、図 1 (c), 2 (c), 3 (c)で示した回帰式によって、日本列島各地あるいは全体の M_j と M_w の関係をある程度説明できた。大地域区分ではなく地震のセントロイド位置から推定される地震の発生タイプごとの回帰式を求めて M_j と M_w の関係をさらに考察することは今後の課題のひとつである。

5. まとめと今後の展望

本研究では、日本列島周辺の地震の M_j と M_w についての 3 つの傾向の存在の可能性を示した。また、日本列島全体あるいは各地域の M_j と M_w の関係をある程度説明可能な回帰式を示した。

今後は、これらの傾向をより細分化して整理する。そのために、各地域の地下構造や応力降下量等の各種震源パラメータに着目する。また、これらによって M_w が 8 程度より小さい地震では $M_j > M_w$ であることが多い原因を明らかにする。

謝辞

本論の作成に当たっては、兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科大学院生の居樹幸太朗氏との議論が有用であった。図の作成には気象庁地震月報(カタログ編)の CMT 解データと、The Generic Mapping Tools Version 6¹⁰⁾を使用した。

参考文献

- 1) 気象庁：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震調査報告 第 I 編，気象庁技術報告，No. 133, 2012. <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/gizyutu/133/ALL.pdf> (参照 2025-11-14)
- 2) 坪井忠二：地震動の最大振幅から地震の規模 M を定めることについて，地震 2, 7, pp. 185-193, 1954. DOI: https://doi.org/10.4294/zisin1948.7.3_185
- 3) 舟崎淳，地震予知情報課：気象庁速度マグニチュードの改訂について，験震時報，67, pp. 11-20, 2004.
- 4) 勝間田明男：気象庁変位マグニチュードの改訂，験震時報，67, pp. 1-10, 2004.
- 5) 武村雅之：日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係，地震 2, 43, pp. 257-265, 1990. DOI: https://doi.org/10.4294/zisin1948.43.2_257
- 6) 佐藤良輔：日本の地震断層パラメータ・ハンドブック，鹿島出版会，1989.
- 7) Takemura, M., Ikeura, T. and Sato, R.: Scaling relation for source parameters and magnitude of earthquakes in the Izu Peninsula region, Japan, *Tohoku Geophysical Journal (Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 5)*, 32, pp. 77-89, 1990.
- 8) 気象庁：地震月報（カタログ編）CMT 解データ，<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/cmt.html> (参照 2025-10-21).
- 9) 気象庁：地震月報（カタログ編）付記，<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/catalog/appendix/appendixj.html>(参照 2025-10-21).
- 10) Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., and Tian, D.: The Generic Mapping Tools Version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20(11), pp. 5556-5564, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>

Note:

Preliminary Study on the Difference Between JMA Magnitude and Moment Magnitude Around Japan

Atsuki Yamane¹, Takashi Hirai²

¹ Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo, Graduate Student

² Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo, Associate Professor, Dr. Eng.

Abstract

To understand the relationship between the JMA magnitude (M_j) and moment magnitude (M_w) around Japan, $M_j - M_w$ was plotted using the JMA Centroid Moment Tensor (CMT) solution data. The results showed three trends in the relationship between source locations and the positive/negative values of $M_j - M_w$ for several regions. Furthermore, regression equations that can explain the relationship between M_j and M_w for the entire Japan and for each region are presented. The factors causing the three trends and the regional differences in regression coefficients remain subjects for future study.

Keywords: The Seismological Bulletin of Japan, CMT solution, Centroid