

2023年度

地表地震断層の変位分布に着目した浅部すべりのモデル化に関する検討 – 横ずれ断層の場合 – 日本地震学会秋季大会 $松元康<math>L^{1}$ ・宮腰 H^{2} ・高浜 M^{1} ・井上直 Λ^{3} ・入倉孝次 M^{2} ・釜江克 \mathcal{L}^{4} 1) 構造計画研究所, 2) 愛知工業大学, 3) GRI財団, 4) 京都大学複合原子力科学研究所

A study on slip model in shallow area based on earthquake surface fault rupture - case of strike slip type -

Yasuhiro Matsumoto¹⁾, Ken Miyakoshi²⁾, Tsutomu Takahama¹⁾, Naoto Inoue³⁾, Kojiro Irikura²⁾, and Katsuhiro Kamae⁴⁾

1) Kozo Keikaku Engineering, 2) Aichi Institute of Technology, 3) GRI, 4) Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

1. はじめに 近年発生した内陸地殻内の地震(例えば,2016年熊本地震,2014年長野県北部の地震など)では, 地震発生時に地表地震断層が出現した。これらの断層極近傍で観測された地震動に見られる永久変位の再現には、レシ ピ(地震本部, 2020) では考慮されていない地震発生層以浅にLMGA (Long-period Motion Generation Area) と呼ばれる すべり領域を設定する必要があることが報告されている (例えば, Irikura et al., 2020; 松元・他, 2018など) (図1). このような地表地震断層が現れる震源断層の地震発生層以浅のモデル化については、上述の地震の再現解析などに基 づき提案が行われているが、予測問題で地震発生層以浅に与えるすべり量、分布形状、配置などについては課題が残さ れている。特にすべり分布の形状については、特性化震源モデルにおけるアスペリティの形状に倣い矩形でLMGAをモ デル化しているが,例えば,Wesnousky (2008)では地表地震断層の変位量分布としてピークを有するsin型あるいは非 対称の sin型等を提案している。予測問題においては、設定したLMGAのすべり量、分布形状、配置が地表地震断層の変 位分布形状に大きく影響するため (図2), それらのパラメータの設定においては観測記録に基づいた検討が重要である. そこで本検討では,過去の地震における地表地震断層の変位量が整理されているWesnousky (2008)のデータセットを



用いて、予測問題における地震発生層以浅(LMGA)のすべりのモデル化に関する検討を行う.

2. 検討方針

- ① 本検討では,検討に用いるデータとして,Wesnousky (2008)のデータセット (37地震39データ)のうち,以下の条件
- を満たすデータ(8地震9データ,**表1**)を選定する.
- 横ずれタイプ
- 断層長さ(*L*) ≥ 40 km^(*1)
- 変位量分布の形状が概ね単峰型(図4)^(*2)
- ② 上記で選定したデータに基づいて、以下の特性値を整理する.
 - 断層全体の平均変位量(AFD_{all}),最大変位量(MFD),LMGA^(*3)長さ(L_{IMGA})(図4),LMGA内の平均変位量(AFD_{IMGA})
- 断層全体の平均変位量に対する最大変位量の比(*MFD*/AFD_{all}),断層長さ(*L*)に対するLMGA長さ(*L*_{IMGA})の比 (L_{IMGA}/L),断層全体の平均変位量(AFD_{all})に対するLMGA内の平均変位量(AFD_{IMGA})の比(AFD_{IMGA}/AFD_{all}) ③変位量の分布形状のモデル化を試行する
- ②で得られた特性値等を参考に、LMGAのすべり量の分布形状のモデル化を試みる.

(*1)井上 (2023)によるとL≥40 kmで震源断層長さと地表地震断層長さがほぼ等しくなることが示されており、本検討ではそれを踏まえた. (*2)後の検討で変位量分布を単純な関数形でモデル化するために、変位量分布が目視により単峰型であると判断したデータを対象にした. **図4**に変位量分布の形状が単峰型である例と多峰型である例をに示す.

(*3)本検討では断層全体の平均変位量以上の領域をLMGAと仮定し,その長さをLMGA長さ(L_{IMGA})とした(図4).

表1 対象地震

No	Data	Location	M _w	平均変位量	最大変位量	比	断層長さ	LMGA長さ	比	LMGAの平均変位量	比
110.	Date			AFD _{all} (m)	MFD _{all} (m)	MFD _{all} /AFD _{all}	L(km)	L _{LMGA} (km)	L_{LMGA}/L	AFD _{LMGA} (m)	AFD_{LMGA}/AFD_{all}
1	1857/1/9	SanAndreas(CA)	7.9	4.7	9.1	2.0	360	160	0.44	6.8	1.5
2	1939/12/25	Erzincan(Turkey)	7.7	4.2	7.4	1.8	300	145	0.48	5.8	1.4
3	1940/5/19	Imperial(CA)	6.9	1.6	3.3	2.1	60	29	0.48	2.7	1.7
4	1944/2/1	Gerede-Bolu(Turkey)	7.3	2.1	3.5	1.7	155	81	0.52	2.9	1.4
5	1967/7/22	Mudurnu(Turkey)	6.7	0.9	2.0	2.1	60	32	0.53	1.3	1.4
6	1992/6/28	Landers(CA)	7.2	2.5	6.6	2.7	77	37	0.48	3.8	1.5
7	1999/11/12	Duzce(Turkey)	7.0	2.1	5.0	2.4	40	23	0.58	3.1	1.5
8	2002/11/3	Denali(AK)	7.7	4.6	8.9	1.9	282	155	0.55	6.4	1.4
9	2002/11/3	Denali(AK)	7.7	3.6	8.9	2.5	302	153	0.51	5.3	1.5
M はCoological moment(Mesneusky 2008)に其づく値					平均	2.1		平均	0.51	平均	1.5
				標準偏差	0.3		標準偏差	0.04	標準偏差	0.1	



図4 地表地震断層の変位量分布の形状(単峰型,多峰型)の例

(O 変位量 (1km間隔),]最大変位量(*MFD*), ・・・ 断層全体の平均変位量 (*AFD*_{all}), - LMGA領域(この長さが*L*_{I MGA}))

3. 結果

- □ 図5に本検討で対象としたデータの地表地震断層の変位量分布を示す.
- 変位量が最大となる位置(□)は必ずしも断層中央になく、変位量分布が非対称となる地震も多い.
- □ 図6から図8に各データの断層全体の平均変位量(AFD_{all})と最大変位量(MFD),断層長さ(L)とLMGA長さ(L_{LMGA}),断

本検討で得られた結果(変位量が最大となる位置が必ずしも断層中央になく、変位

量分布が非対称であること,最大変位量/断層全体の平均変位量(MFD/AFD_{all})=2.1,

最大変位量が平均変位量の2倍、LMGA長さが断層長さの0.5倍であると仮定して、地

Lmは変位量が最大となる距離として、

LMGA長さ/断層長さ(L_{LMGA}/L) = 0.51)を参考にして、本検討では単純化のために、

表地震断層の変位量分布のモデル化として、以下の非対称のsin関数を提案.

L_mの左側:

層全体の平均変位量(AFD_{all})とLMGA内の平均変位量(AFD_{IMGA})の関係を示し、これらの比の平均値は以下の通り.

- 最大変位量/断層全体の平均変位量(=*MFD*/AFD_{all})=2.1
- LMGA長さ/断層長さ $(=L_{IMGA}/L) = 0.51$
- LMGA内の平均変位量/断層全体の平均変位量(=AFD_{LMGA}/AFD_{all}) = 1.5

□上記の結果踏まえて,地表地震断層の変位量を非対称のsin関数(図9)でのモデル化を試行する(図10). □ 2023年トルコ・カフラマンマラシュ地震(Karabarak *et al.*, 2023)への適用を試みた(図11).



位相が

 $-1/2\pi \sim 1/2\pi O$

sin関数

位相が

1/2π~3/2πの

sin関数

 $-2 \times AFD_{1}$

<u>4. まとのとう夜</u>	予測問題におけるLMGAのモデル化を目的に, Wesnousky (2008)のデータ	今後は、本検討で提
のうち,横ずれタイプの断層	層長さ40km以上,かつ変位量分布の形状が単峰型の地震を対象に,地表地震	状が多峰型のような複
断層の変位量の分析を行っ7	と. その結果,最大変位量は平均変位量の2倍程度,平均変位量以上となる長	量が最大となる位置は
さ(ここではLMGA長さと低	反定)は断層全体の長さの0.5倍程度であることを確認した.また,これらの	の検討も必要がある。
実測された断層変位の分布用	シを近似的に説明する非対称の sin関数を提案した.	れについても検討が必

今後は、本検討で提案した非対称のsin関数が縦ずれ断層への適用可能か否かの検討や、変位量分布の形
犬が多峰型のような複雑な場合のモデル化が課題である.また,本検討で提案した非対称のsin関数は変位
量が最大となる位置は既知として考えたが,予測問題において変位量が最大となる位置の設定方法について
)検討も必要がある.さらに,本検討でのLMGAは断層全体の平均変位量以上となる領域と仮定したが,こ
uについても検討が必要である.