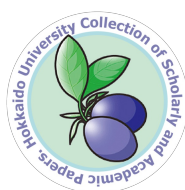




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	巨大地震と地下核実験の因果関係
Author(s)	渡辺, 剛; 藤井, 義明; 児玉, 淳一 他
Description	一般社団法人資源・素材学会 2021年度 春季大会. 2021年3月8日～10日. オンライン開催.
Citation	資源・素材講演集, 8 (2021) (1 (春)), 3K0101-09-09
Issue Date	2021-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/80574
Type	conference paper
File Information	Watanabe et al.2021.pdf



一般講演

開発機械／岩盤工学／資源経済と社会システム／資源開発技術

Mining and underground construction machineries / Rock Engineering /
Resource based economy and social system / Mining technologies

2021年3月10日(水) 08:40 ～ 12:00 第1会場

[3K0101-09-09] 巨大地震と地下核実験の因果関係

Causal Relationship between Underground Nuclear Tests and Giant Earthquakes

○渡辺 剛¹、藤井 義明¹、児玉 淳一¹、福田 大祐¹ (1. 北海道大学)

○Tsuyoshi Watanabe¹, Yoshiaki Fujii¹, Junichi Kodama¹, Daisuke Fukuda¹ (1. Hokkaido university)

キーワード：巨大地震、地下核実験、予防、抑制効果、距離

Giant earthquake, Underground nuclear test, Prevention, Suppression effect, Distance

日本は、国土面積が世界の0.25%であるが、自然災害被害額が世界の17%を占めているように、自然災害の被害を受けやすい。世界的に見ても、世界の自然災害の被害額ランキングの上位3つを、四川大地震・阪神淡路大震災・東日本大震災が独占しているように地震の被害は甚大である。

巨大地震の対策として予知が研究されているが、予知技術は確立されておらず未だ予知に成功した事例はない。仮に予知技術が確立されて人的被害を抑えることができて、インフラの被害を防ぐことはできない。一方、巨大地震を予防することができれば、これらの被害をゼロにすることができる。たとえば地下核実験により巨大地震の発生を予防できるのではないかという報告がある。そこで本研究では地下核実験による巨大地震の抑制効果について検討し、核実験場から様々な距離の地域における地震の発生状況や b 値の推移について調べた。すると最寄りの核実験場から2100 km以内では、地下核実験後、巨大地震の発生頻度が減少し、 b 値は増加していた。核実験による地震動が臨界状態にない断層を刺激し、小さい地震が発生してひずみエネルギーが解放された可能性がある。

1. 緒言

日本は、国土面積が世界の 0.25%であるのに自然災害被害額が世界の 17%を占めているように、自然災害の被害を受けやすい。日本における地震被害額は全災害の 83%を占めている。世界の自然災害の被害額ランキングの上位 3 つを、四川大地震・阪神淡路大震災・東日本大震災が独占している (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_disasters_by_cost) ように地震の被害は甚大である。巨大地震を予防することができれば、これらの被害をゼロにすることができる。たとえば地下核実験により巨大地震の発生を予防できるのではないかという報告がある (Fujii et al., 2018、図 1)。そこで本研究では地下核実験による巨大地震の抑制効果について明らかにすることを目的とする。

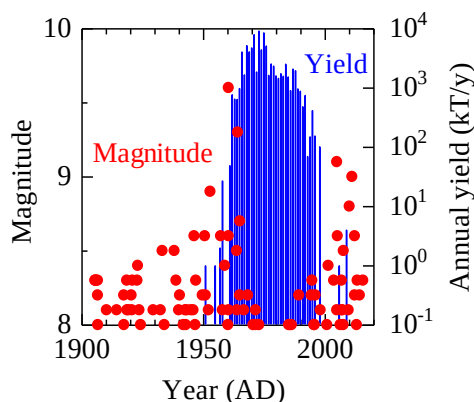


図 1 1900 年から 2016 年までの巨大地震の規模と地下核実験の年間収量 (Fujii et al., 2018)

2. 世界の各地域における地震の発生状況と b 値の推移

大規模な地下核実験 (図 2) は主に巨大地震の集中する地域 (図 3) から離れた地域で行われているが、アリューシャン列島のアムチトカ島周辺だけが例外となっている。各地域での地下核実験実施と地震の発生状況を調べるために、アムチトカ島、日本、チリ・ペルー、インドネシア周辺における核実験の年間収量・巨大地震の発生状況・10 年毎の $M \geq 5.5$ の b 値の推移を見ると、アムチトカ島周辺では 1965、1969、1971 年に地下核実験が行われており、1965 年の核実験実施前に $M 8.7$ の地震が起きてからは 1986 年までの 21 年間、 $M 8$ 以上の地震が起きていない (図 4a, b)。そして地下核実験実施後から 20 年程、 b 値が増加したままである (図 4c)。最寄りの核実験場 (アラスカ) から約 2000 km の日本周辺でも同様に核実験実施後、約 20 年間 $M 8$ 以上の地震が起きておらず、 b 値の上昇がみられる (図 5)。一方、最寄りのネバダ核実験場から約 7000 km であるチリ・ペルー、最寄りのウイグル核実験場から約 10000 km であるインドネシア周辺においては核実験期間中に $M 8$ 以上の地震が起きており、一時的な b 値の上昇はみられるものの、核実験実施と b 値との間に明かな関連性はみられない (図 6、図 7)。

3. 考察

アムチトカ島や日本周辺で地下核実験実施後に b 値が増加し、小規模な地震が増え巨大地震が減ったメカニズムは以下のように説明できる。

大地震は、よく用いられるポアソン分布的ではなく、頻発期があり、その後しばらく静穏な期間が続く、いわゆる悪魔の階段関数状に生じることが多い。これは、いくつかの断層に関する粘弾性解析でも再現されており、フラクタル的な複雑な系のシステム応答である (Chen et al., 2020)。

直感的にも、いくつかの断層あるいはある断層全体が臨界状態にあり、1 つの断層あるいはある断層の一部が滑った場合 (大地震) に、他の断層あるいはある断層の滑ってない部分も連鎖的に滑るという現象は容易に理解できる。このとき、いくつかの断層あるいは断層全体の応力が低下するので、しばらく大地震は起きづらく、静穏期を迎える。

つまり、自然な大地震は連続しがちである。これに対して地下核実験は人間が勝手に実施するために、近傍の地震断層が臨界状態にあるとは限らない。臨界状態にない断層を地震動による応力や間隙水圧の変化で刺激した場合、大地震が連続して起きずに、むしろ小さい地震が発生してひずみエネルギーが解放され、大地震を減少させた可能性を指摘できる。

これに対して、チリ・ペルー、インドネシアは核実験場からの距離が遠いため、核実験による刺激が十分でなかった

のではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では、巨大地震の発生に対する地下核実験の影響を明らかにすることを目的として、4つの地域における、地下核実験と地震の発生状況について調査した。核実験場から2000 km以内であるアムチカ島と日本周辺では、地下核実験後約20年間、M8以上の地震は起きておらず b 値も増加したままであった。これに対して、7000 km 離れているチリ・ペルーや10000 km 離れているインドネシアでは地下核実験期間中もM8以上の地震が発生し b 値の増加もみられなかった。

提案した地下核実験が巨大地震を抑制するメカニズムは、現段階では概念に過ぎないので、さらに検討する必要がある。

引用文献

Chen, Y., Liu, M. and Luo, G. (2020), Complex Temporal Patterns of Large Earthquakes: Devil's Staircases, Bulletin of the Seismological Society of America (2020) 110 (3): 1064–1076, doi:10.1785/0120190148

Fujii, Y., Sheshpari, M., Kodama, J., Fukuda, D. and Dassanayake, A.B.N. (2018), Prevention of Catastrophic Volcanic Eruptions, Large Earthquakes underneath Big Cities, and Giant Earthquakes at Subduction Zones, Sustainability, Vol. 10, No. 6, doi:10.3390/su10061908

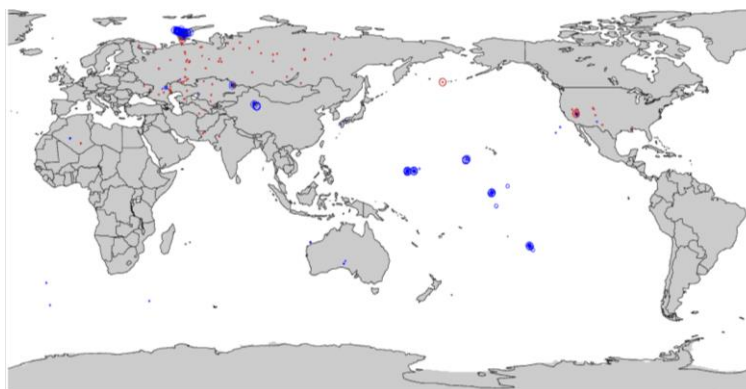


図2 地下核実験が行われた場所と規模（○：地下核実験 ○：大気圏内核実験、
<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/nuctestsum.html>）

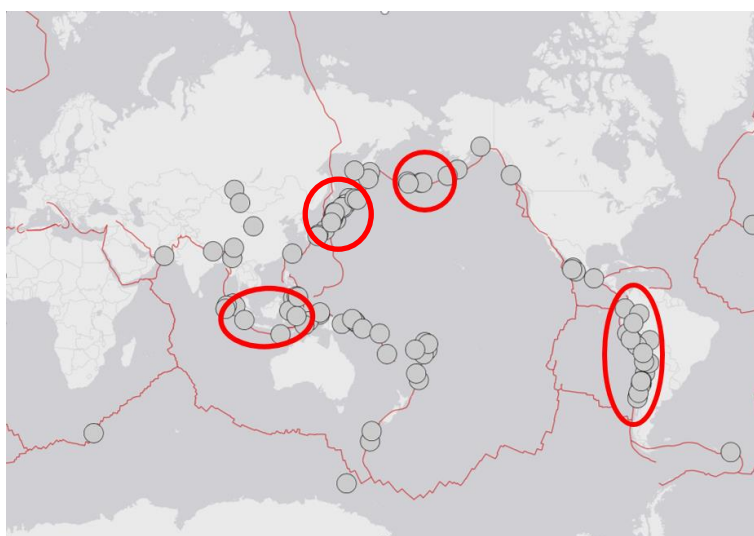
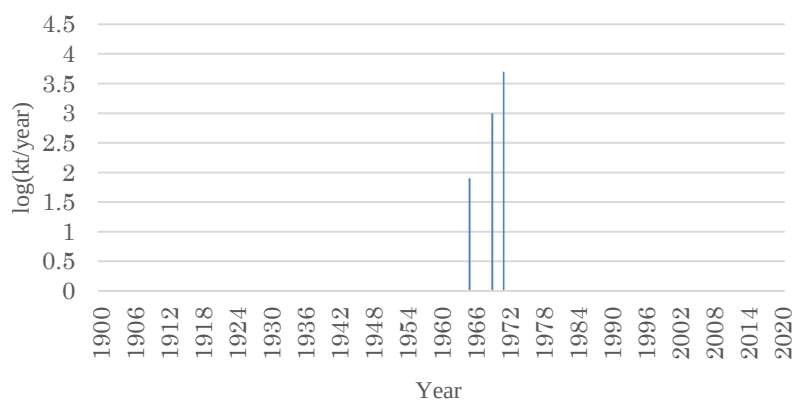
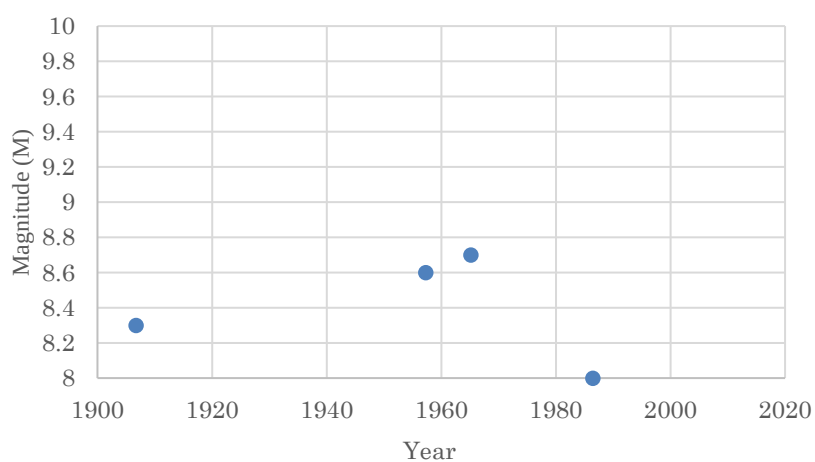


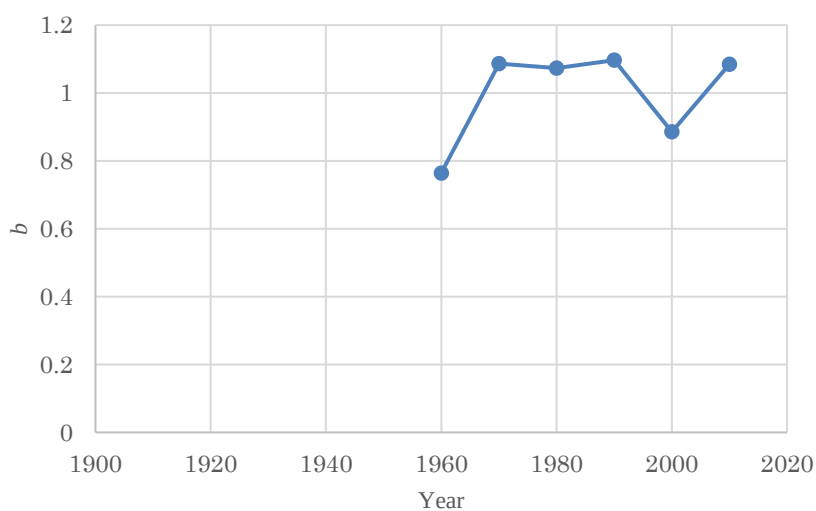
図3 1900-2019年の巨大地震(M≥8)の発生状況と分析の対象(UCGS ウェブサイト、
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>)



(a) 最寄りの核実験場（アムチトカ）での収量

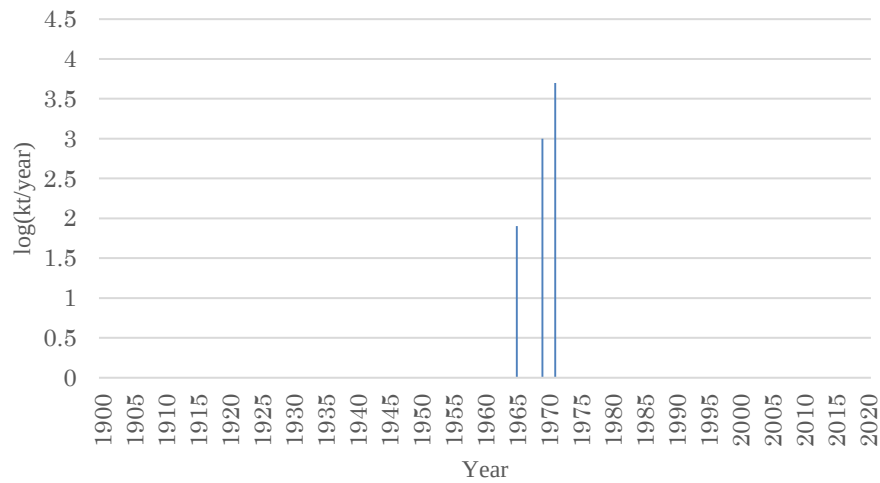


(b) M8 以上の地震の発生状況

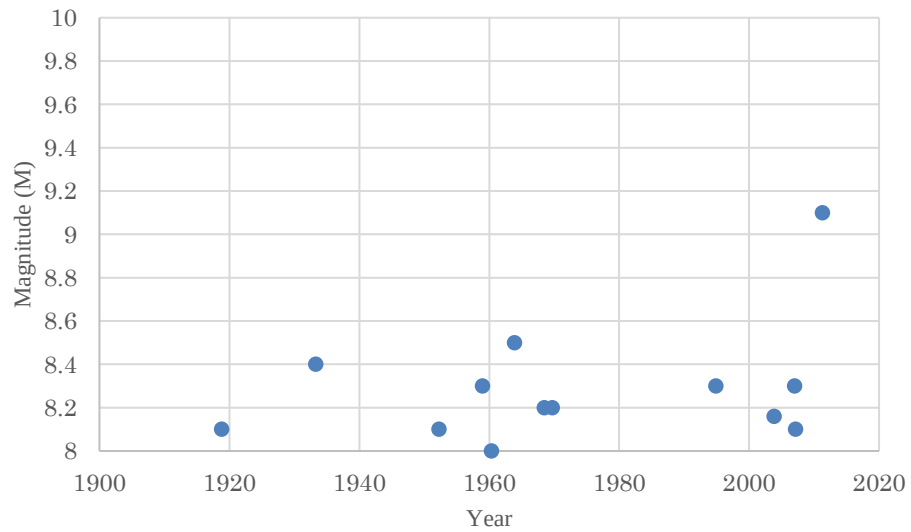


(c) b 値の推移

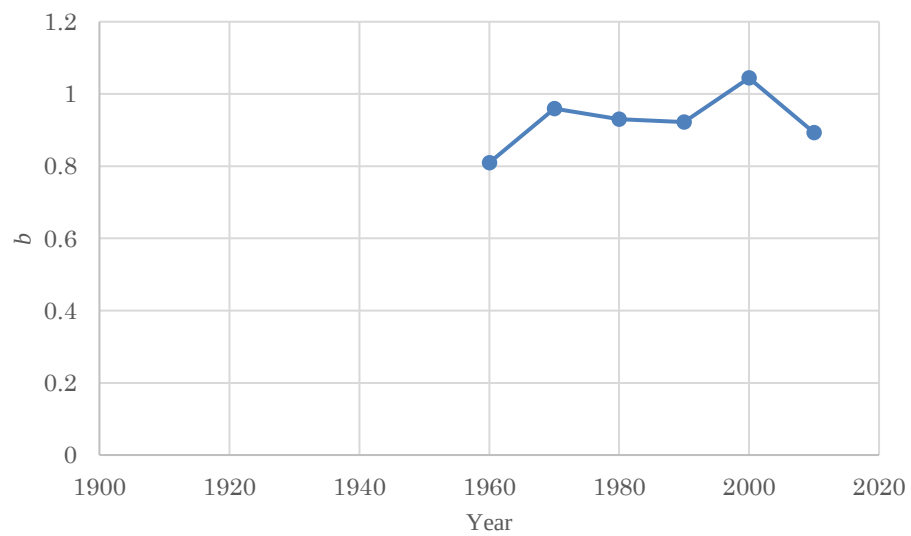
図 4 アムチトカ島から半径 200 km



(a) 最寄りの核実験場（アムチトカ）での収量

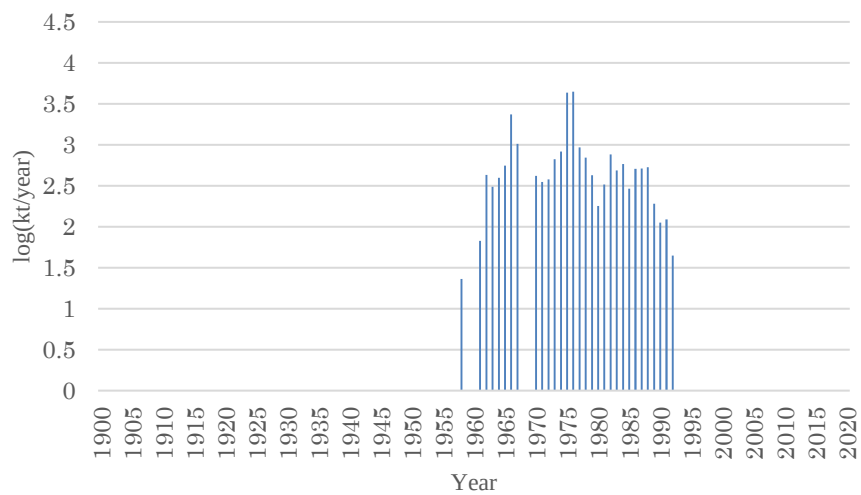


(b) M8 以上の地震の発生状況

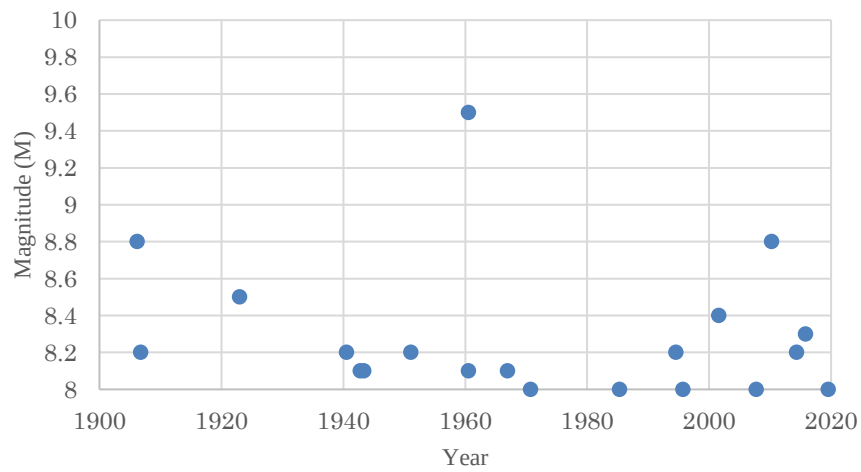


(c) b 値の推移

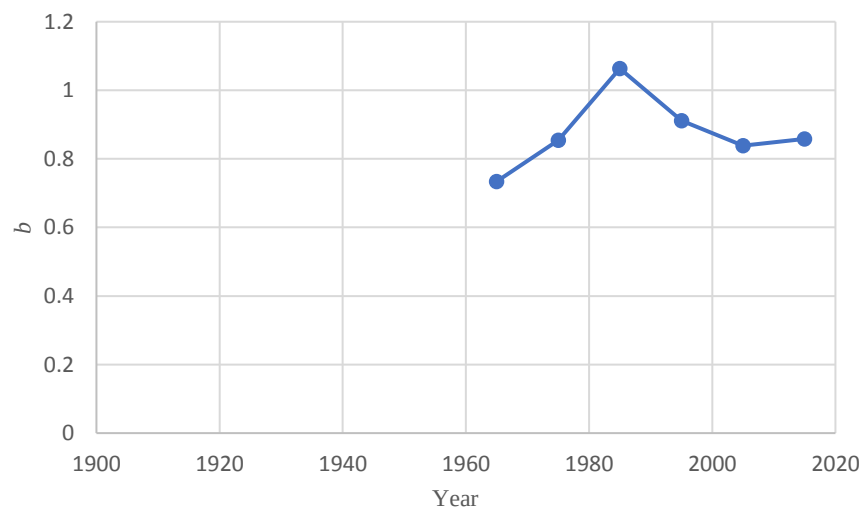
図 5 日本周辺



(a) 最寄りの核実験場（ネバダ）での収量

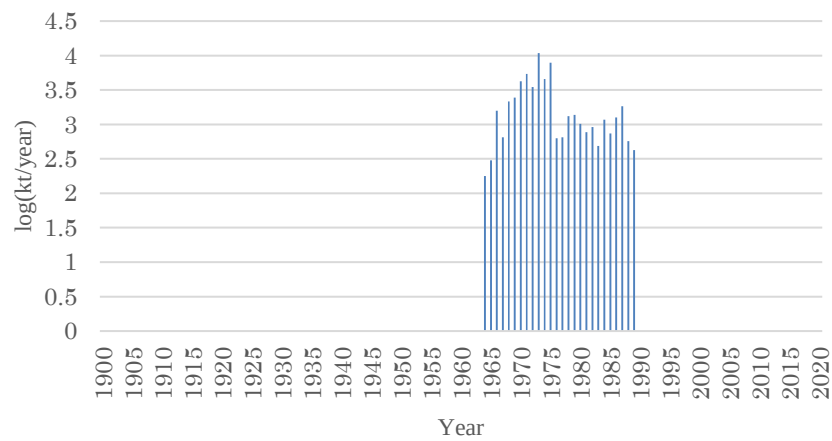


(b) M8 以上の地震の発生状況

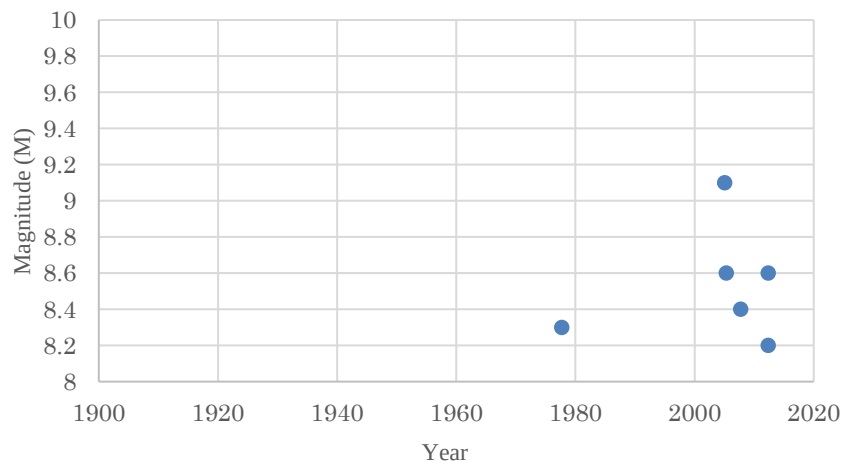


(c) b 値の推移

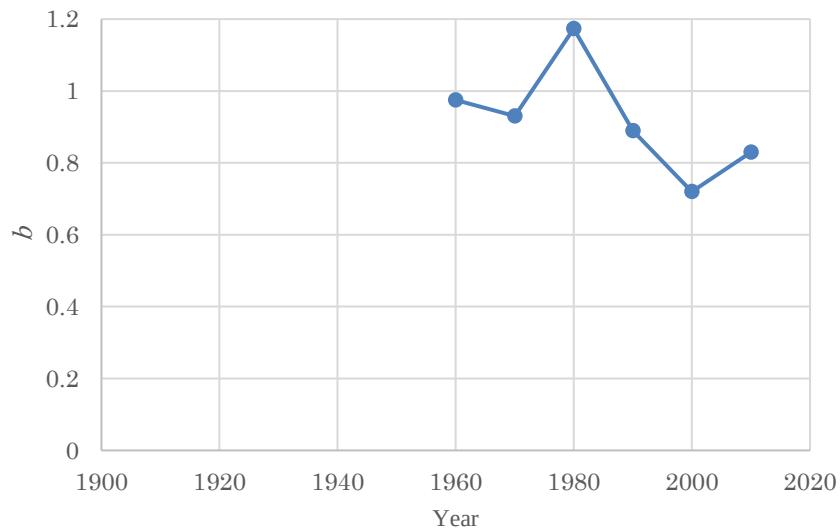
図 6 チリ・ペルー周辺



(a) 最寄りの核実験場（ウイグル）での収量



(b) M8 以上の地震の発生状況



(c) b 値の推移

図7 インドネシア周辺