信開始時間との比較をしてみると、浮上速度の速い測器の場合（例えば秒速 1.2 m）に 5 分位のおくれがあつたようにみられる。このようなことは実用上は問題にならないと思われる。このビーコンは細かな点で未だ色々と改良すべき点があるが、基本的には実用可能なものであり、今後、さらに多くのビーコンが自作できる見込がえられた。

文 献

Ocean Applied Research Corporation, 1977, Product Bulletin, 5-77.

地 震 第 2 輯
第 36 卷 (1983) 270-273 頁

日本海沈み込み説に 関する一考察

—日本海溝における地震の
スリッ・ベクトル—

建設省建築研究所国際地震工学部
瀬 野 徹 三

(昭和 58 年 6 月 28 日受理)

A Consideration on the "Japan Sea
Subduction Hypothesis"
—Seismic Slip Vectors along
the Japan Trench—

Tetsuzo SENO

International Institute of Seismology
and Earthquake Engineering,
Building Research Institute
(Received June 28, 1983)

§1. 序 論

最近、日本海が東北日本下へ沈み込みを始めつつあることの可能性が指摘され、積極的に、東北日本が北米プレートの一部であるという主張もされ始めた [小林 (1983); 小林・中村 (1983), SENO and

EGUCHI (1983)].

現在まで、日本海溝は、ユーラシアプレートと太平洋プレートの接する境界であると考えられて来て、そこで起こる低角逆断層型地震のスリッ・ベクトルは、太平洋、ユーラシア両プレートの相対運動の方向（例えば MINSTER and JORDAN (1978) の RM2 モデルに基づく方向）と調和的であるとされて来た [IZUTANI and HIRASAWA (1978); 江口 (1979); SENO and EGUCHI (1983)]. しかしながら、仮りに日本海溝が、北米、太平洋の両プレートの接する境界であるならば、低角逆断層地震のスリッ・ベクトルに、太平洋-ユーラシアプレート相対運動からの系統的誤差が見出されるかもしれない。地震のデータも、江口 (1979) が検討した時からは増加しており、その意味からも、プレート相対運動と比較することは意味がある。

§2. データ

使用した地震とそのスリッ・ベクトルの方向を Table 1 に示す。地震は日本海溝沿いに起きた低角逆断層型地震で WWSSN の長周期の記録を用いてメカニズム解が決められたもののうち、高角の dip を持つ節面の走向がよく拘束されているもののみを選び出した。ABE (1977) による 1938 年福島県沖地震の解は、節面の走向がよく決まっていないので使用していない。YOSHII (1979a) による 2 つの地震の解も、節面の走向がよく決まっているとは思われないので使用しなかつた。STAUDER and MUALCHIN (1976) の結果は、メカニズムの決定精度を直接検討できないので使用していない。Table 1 の震央のデータは ISC による。

§3. 結 果

スリッ・ベクトルの方向を震央の緯度に対してプロットしたものを Fig. 1 に示す。このうち 2 つの点が縦線で結ばれているものは、その地震に対し、2 つの解があることを示している。ほとんどの地震のスリッ・ベクトルは N290°E から N303°E のうちに分布している。

この図には、さらに、MINSTER and JORDAN (1978) の RM2 モデルから計算された、太平洋-ユーラシア、太平洋-北米のプレート相対運動の方向の計算

Table 1. Location and slip vectors of thrust type earthquakes along the Japan Trench.

Event	Date	Location		Slip vec- tor N°E	Refer- ence
		°N	°E		
1	1968 05 24	40.91	143.11	298	SK
2	1968 05 16	0	40.86	143.38	300 K
3	1965 03 16		40.75	142.96	288 IH
4	1965 03 29	40.73	142.85	298	SK
				293	Sa
				297	IH
5	1968 06 22	40.31	143.68	291	SK
6	1970 05 27	40.29	142.98	297	IH
7	1968 05 22	40.27	142.34	290	IH
8	1968 11 11	40.12	143.25	301	IH
9	1968 05 16	23	39.83	143.16	297 K
				302	IH
10	1968 06 12	39.47	142.89	305	YA
11	1971 09 15	39.17	143.39	300	SK
12	1973 11 19	38.99	141.93	295	Y
				295	SP
13	1970 09 14	38.77	142.27	298	SP
14	1981 01 18	38.71	142.75	294	SE
15	1968 04 21	38.68	142.99	291	SK
16	1972 07 04	38.55	142.08	302	SP
17	1971 04 04	38.41	142.18	302	SP
18	1967 01 17	38.33	142.20	297	SP
19	1978 06 12	38.23	142.02	295	Set
20	1976 11 08	38.12	142.26	295	Se
21	1967 11 04	37.39	141.71	292	KS
22	1964 02 05	36.47	141.02	304	KS
23	1973 07 20	36.45	141.05	293	KS
24	1965 09 22	36.44	141.37	293	KS
25	1974 07 08	36.44	141.17	300	Y
26	1965 09 17	36.35	141.38	309	Sa
27	1964 05 30	36.23	141.29	288	KS

Epicentral locations are from ISC Bulletins.

Symbols in the column of reference denote as follows: K, KANAMORI (1971); SK, SENO and KROEGER (1983); IH, IZUTANI and HIRASAWA (1978); Sa, SASATANI (1971); YA, YOSHIOKA and ABE (1976); SP, SENO and PONGSAWAT (1981); Y, YOSHII (1979b); SE, SENO and EGUCHI (1981); Set, SENO *et al.* (1980); Se, SENO (1980); KS, KAWAKATSU and SENO (1983).

値が、それぞれ実線と点線で示されている。このモデルの極の 95% 信頼度を示す誤差楕円から計算される誤差の範囲を各線に対し、バーで示してある。

それらは、それぞれ $\pm 2.6^\circ$ (北米-太平洋), $\pm 2.4^\circ$ (ユーラシア-太平洋) である。

プレート相対運動は、各緯度に対し、データとして使用された地震の震央付近で計算されている。

地震のスリップ・ベクトルは、ユーラシア-太平洋のプレート相対運動から時計回りの方向に $5^\circ \sim 10^\circ$ ずれている。このずれは、プレート相対運動の極の 95% 信頼度誤差を考慮しても有意である。一方、地震のスリップ・ベクトルは北米-太平洋のプレート相対運動の方向からも、数度時計回りにずれる傾向を示す。しかし、この場合、95% の極の誤差の範囲に 7 個のスリップ・ベクトルが入っている。

§4. 考 察

地震の節面の走向の決定には当然不確実性がつきものである。ここで使用した解の場合それらは $\pm 5^\circ$ 程度であろう。もしも、節面の決定に系統的誤差が無いならば、この程度のばらつきを考慮しても、ユーラシア-太平洋のプレート相対運動からのずれは有意であると考えられる。一方、節面の決定の系統的誤差の原因として、島弧下の地震波速度構造の異常による地震波線のゆがみが考えられる。この影響を ENGDAHL *et al.* (1977) は、Ray tracing 法を用いて、アリューシャン弧と千島弧に対して推定している。彼らは、アリューシャン弧に対しては、沈みこむプレートの影響がスリップ・ベクトルの方向に対して大きく出るが、千島弧に対しては、ほとんど影響しないことを見出ししている。東北日本弧の震源一観測点の配慮は千島弧のそれとあまり変わらないので、彼らの千島弧に対する結論は、東北日本弧に対してもあてはまると考えてよいだろう。従って、ここでは、Fig. 1 に示すスリップ・ベクトルの決定には系統的誤差の影響は小さいと考えるが、これは、本来は、東北日本弧に対しても ENGDAHL *et al.* (1977) と同様の計算を行って確かめるべきであろう。

江口 (1979) は、ここで行ったのと同様な地震スリップ・ベクトルとプレート相対運動の比較を行い、地震のスリップ・ベクトルは、ユーラシア-太

Fig. 1. Plot of azimuth of slip vectors against latitude of epicenters. Alphabets beside symbols correspond to the references in Table 1. The solid and broken lines indicate the relative plate motion between Eurasian-Pacific and between North American-Pacific, respectively, after MINSTER and JORDAN (1978). Attached bars indicate the error at 95% confidence level of the pole.

平洋のプレート相対運動と調和的であるとのべている。これは彼が、節面の走向のよく拘束されていない ABE (1977) の結果を用いたためであろう。また、精度よく決められたスリップ・ベクトルの数は、彼の比較の時点から格段に増加している。

Fig. 1 に示される地震のスリップ・ベクトルに系統的誤差がないならば、それらのユーラシア-太平洋のプレート相対運動からのずれは、東北日本弧がユーラシアプレートの一部ではないことを示している。もし仮りに、北米-太平洋プレート相対運動からのずれも認めるとするならば、北米プレートからも切り離されていることになり、東北日本弧はマイクロ・プレート化する。この場合、日高山脈を通る衝突地帯で東北日本弧は北米プレーから分離されるであろう。

地震のスリップ・ベクトルとプレート相対運動のずれのセンスは、東北日本弧が、ユーラシア・プレートに対して、南向きの運動方向成分をも（日本海沈み込み説による西向き成分に加えて）わずかながら、合わせ持たなければならないことを示している。この南向き成分は、日高山脈付近での千島前弧の南西方向の西北海道にたいする衝突 [木村 (1981)]

によつて説明可能かもしれない。

§ 5. 結 論

東北日本弧における低角逆断層型地震のスリップ・ベクトルは、ユーラシア-太平洋プレート相対運動から、時計回りに $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 程度有意にずれ、このことは、東北日本弧が、ユーラシアプレートの一部ではないことを示している可能性が強い。

文 献

- ABE, K., 1977, Tectonic Implications of the Large Shioya-Oki Earthquakes of 1938, *Tectonophys.*, **41**, 269-289.
 江口孝雄, 1980, 日本海溝におけるプレート間相対運動, *地震* **2**, **33**, 95-97.
 ENGDAHL, E. R., N. H. SLEEP, and M. T. LIN, 1977, Plate Effects in North Pacific Subduction Zones, *Tectonophys.*, **37**, 95-116.
 IZUTANI, Y. and T. HIRASAWA, 1978, Source Characteristics of Shallow Earthquakes in the Northern Part of Sanriku-Oki Region, Japan, *J. Phys. Earth*, **26**, 275-298.
 KANAMORI, H., 1971, Focal Mechanism of the Tokachi-Oki Earthquake of May 16, 1968: Contortion of the Lithosphere at a Junction of Two

- Trenches, *Tectonophys.*, **12**, 1-13.
- KAWAKATSU, H. and T. SENO, 1983, Triple Seismic Zone and the Regional Variation of Seismicity along the Northern Honshu Arc, *J. Geophys. Res.*, **88**, 4215-4230.
- 木村 学, 1980, 千島弧南西端付近のテクトニクスと造構応力場, *地質学雑誌*, **87**, 757-768.
- 小林洋二, 1983, プレート“沈み込み”の始まり, *月刊地球*, **5**, 印刷中.
- MINSTER, J. B. and T. H. JORDAN, 1978, Present-day Plate Motions, *J. Geophys. Res.*, **83**, 5331-5354.
- 小林和男・中村一明, 1983, 縁海拡大のテクトニクス-日本海-オホーツク海沖縄トラフなど, *科学*, **53**, 448-455.
- 笹谷 努, 1971, 実体波による2つの浅発地震の発震機構の解析, *北大地物研報告*, **26**, 109-132.
- SENO, T., 1980, Seismicity and Earthquake Mechanisms Prior to the Miyagi-Oki, Japan, Earthquake of June 12, 1978, preprint.
- 瀬野徹三・江口孝雄, 1981, 宮城県沖地震(1981年1月18日)の発震機構とその地学的意味, *地震学会秋季大会予稿集*, **7**.
- SENO, T. and T. EGUCHI, 1981, Seismotectonics of the western Pacific Region, *Geodynamics Series*, AGU/GSA, in press.
- SENO, T., and G. C. KROEGER, 1983, Precise Determination of Source Depth and Mechanism of Earthquakes which might have occurred within the Slab landward of the Trench Axis and seaward of the Double Seismic Zone in the Northern Honshu Arc, *J. Phys. Earth*, submitted.
- SENO, T. and B. PONGSAWAT, 1981, A Triple-planed Structure of Seismicity and Earthquake Mechanisms off Miyagi Prefecture, Northern Honshu, Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **55**, 25-36.
- SENO, T., K. SHIMAZAKI, P. SOMERVILLE, K. SUDO and T. EGUCHI, 1980, Rupture Process of the Miyagi-Oki Earthquake of June 12, 1978, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **23**, 39-61.
- STAUDER, W. and L. MUALCHIN, 1976, Fault Motion of the Larger Earthquakes of the Kurile-Kamchatka Arc and of the Kurile-Hokkaido Cornor, *J. Geophys. Res.*, **81**, 297-308.
- YOSHII, T., 1979a, A Detailed Cross-section of the Deep Seismic Zone beneath Japan, *Tectonophys.*, **55**, 349-360.
- 吉井敏尅, 1979b, 日本列島付近の地球物理データのコンパイル (I), *地震研究所彙報*, **54**, 75-117.
- YOSHIOKA, N. and K. ABE, 1976, Focal Mechanism of the Iwate-Oki Earthquake of June 12, 1968, *J. Phys. Earth*, **24**, 251-262.