

韓国気象局地震観測データを用いた気象庁震源の改善と評価

石川有三*・高橋道夫**・石原和彦**

Evaluation and improvement of JMA hypocenters using KMA seismic data

Yuzo ISHIKAWA Michio TAKAHASHI Kazuhiko ISHIHARA

(Received July 24, 2001 : Accepted February 6, 2002)

1. はじめに

韓国気象局(Korea Meteorological Administration 以下, KMAと省略する)では地震観測処理結果をホームページ (http://www.kma.go.kr/ema/ema_seis01/id_seis01.htm) で公開しているほか、これまで観測報告を2回出版している(KMA, 1992, KMA, 2001)。しかし、ホームページには震源パラメータが示されているだけであり、観測報告には、測器特性、観測点環境、地震回数変化、震源パラメータなどが掲載されているものの、地震波の各種位相発現時刻は1992年の観測報告にしか掲載されていない。その報告されているデータも震源パラメータが掲載されているイベントであっても1地点とか

2地点という不十分なものもあり、気象庁の基準では震源決定できないイベントが多く含まれている。

堀(1998)は、同じKMA地震観測点ではあるものの上記1992年KMA地震観測報告にはないP, S波発現時データを用いて気象庁(以下JMAと略す)震源との比較を試みたが、このデータの中にはKMAとJMAそれぞれ単独で震源が決める共通のイベントが無く、JMAデータにKMA観測点、特にプサン観測点のデータを加えた場合の影響を評価するに終わった(図1, 2)。

今回は、1992年KMA観測報告と堀(1998)のデータを合わせ、さらにJMAの震源未決定データも統合してイベントが共通したものを選び出し、可能な限り震源決定を行いそれぞれ単独のデータでの結果と統合データでの結果を示した。このことによって韓国およびその周辺域で

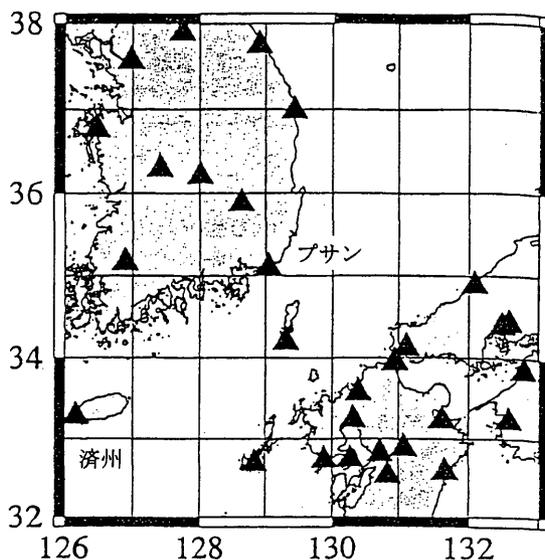


図1: 堀(1998)による図で、震源決定に用いたJMAとKMAの観測点分布。今回もKMAの観測点は同じ。

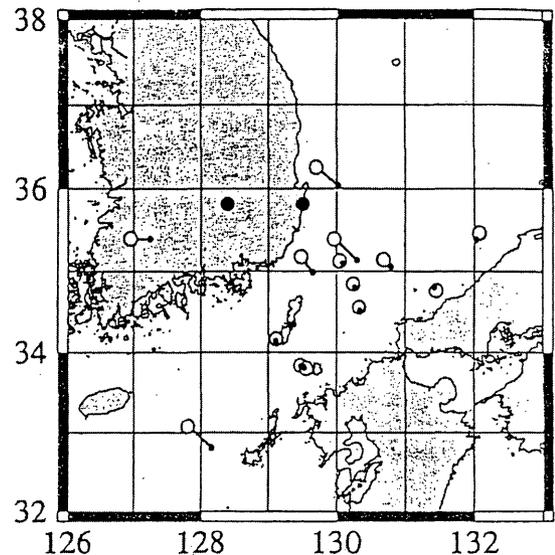


図2: 堀(1998)による図。白丸と黒丸は震源決定の残差が小さい震源を示している。黒丸はKMAのデータのみで決定された震源。「・」は、JMAの震源で、対応する白丸とは直線で結んでいる。

* 気象研究所地震火山研究部

** 気象庁地震火山部地震津波監視課

のJMAの震源決定精度や震源検知力の評価を行う上での参考になる。

また、1992年以降については震源位置だけの比較を行った。

2. データと方法

データは、KMAについては1992年版観測報告のP、S相発現時刻と堀(1998)の同様なデータを用いた。ただ、KMA1992年版観測報告は、1978年から1992年までであるが報告されているイベントが少ない上、ソウル1点だけ

表1：今研究で震源決定されたイベントの震源パラメータ

番号		地震発生					緯度			経度			深さ M		
		年	月日	時分	秒	誤差(秒)	度	分	誤差(分)	度	分	誤差(分)	(km)		
1	I	1981	0415	1146	58	1.3	35	47.12	0.7	130	09.06	0.6	44	5.2	
	k			1147	01	7.2	35	48.13	1.3	129	53.74	4.6	44		
	K			1147	—	—	35	54.—	—	130	06.—	—	—		4.8
	J			1147	00	0.3	35	43.—	1.0	130	13.—	1.0	40		5.1
2	I	1981	0827	2135	38	2.6	35	46.1	1.6	130	11.25	1.8	53		
	k			2135	36	99.1	35	16.12	33.3	129	57.99	33.7	0		
	K			2135	—	—	35	48.—	—	129	48.—	—	—		
	J			2135	39	0.3	35	42.—	1.0	130	15.—	1.0	30		3.5
3	I	1985	0114	1344	53	2.8	34	31.28	0.8	129	55.58	0.9	20	4.5	
	k			1344	58	65.7	34	26.64	15.4	129	22.90	32.7	0		
	K			1344	53	—	34	36.—	—	129	54.—	—	—		4.2
	J			1344	53	0.3	34	33.07	0.9	129	53.08	1.0	22		4.4
4	I	1985	0115	0959	22	1.7	34	31.03	0.9	129	55.20	0.9	19	4.1	
	k			0959	23	7.9	34	59.87	2.8	130	06.96	2.6	5		
	K			0959	24	—	34	42.—	—	130	00.—	—	—		3.4
	J			0959	21	0.3	34	33.00	1.0	129	54.00	1.0	14		4.0
5	i	1986	0317	1152	03	4.4	35	52.07	0.6	129	46.46	1.5	4		
6	I	1986	0711	1643	18	1.2	34	54.12	1.2	127	36.07	0.7	0		
	J			1643	12	0.3	35	23.02	1.4	127	14.07	1.6	11		3.8
	K			1643	20	—	34	18.—	—	126	54.—	—	—		3.2
7	I	1987	1006	0705	11	3.1	35	53.09	1.6	130	00.24	1.0	10		
	k			0705	23	107.7	35	35.24	26.9	129	22.35	63.9	19		
	K			0704	45	—	35	54.—	—	129	54.—	—	—		3.1
	J			0705	09	0.8	36	2.05	3.1	130	00.04	1.1	11		3.7
8	I	1987	1006	2336	31	1.7	35	58.06	0.8	129	59.00	1.0	3		
	k			2336	23	106.8	35	27.83	28.3	131	05.88	50.2	50		
	K			2336	53	—	36	12.—	—	130	06.—	—	—		3.5
	J			2336	32	0.5	35	55.09	2.2	130	4.03	1.6	3		3.7
9	k	1990	1004	0309	18	9.2	34	31.98	4.1	128	12.78	1.5	11		
10	I	1990	1022	1809	34	2.5	35	53.15	0.8	129	49.8	3.1	0		
	k			1809	36	8.2	35	58.52	1.8	129	42.69	4.6	0		
	K			1809	35	—	35	54.—	—	130	00.—	—	—		3.4
	J			1809	31	0.5	36	15.06	1.8	129	38.05	1.7	27		3.2
11	k	1990	1026	0041	21	1.7	35	50.85	0.5	129	24.27	2.0	14		
	H	1990	1026	0041	20	—	35	50.17	—	129	29.72	—	2		
12	k	1991	0513	0125	56	1.5	35	49.54	0.7	128	24.57	0.8	11		
	H			0125	56	—	35	49.55	—	128	23.36	—	2		
13	k	1992	0115	2126	19	0.8	36	32.98	0.1	127	6.51	0.6	11		
14	i	1992	0427	0043	19	2.8	35	53.19	0.7	129	41.16	3.2	31		
15	i	1992	0714	0822	43	3.7	32	36.68	4.2	127	51.87	1.6	16		

K: KMAの地震観測報告の震源

k: KMAによるP、S時刻データを用いてJMA方式で震源決定した。

J: JMAによる震源

H: 堀(1998)による震源

I: KMAとJMAデータを合わせて処理した震源

i: KMAとJMAデータを合わせて初めて決まった震源

が多く、また堀(1998)のデータは1980年から1992年9月1日までで、特に1980年代はプサン1点のデータがほとんどである。JMAについては地震月報に掲載されている震源が決定されたP、S相発現時刻だけでなく、震源が決まらなかったイベントのデータも用いた。震源決定には、JMA業務用プログラム(浜田ほか,1983)と同等のものを、走時表は「83A」(浜田,1984)を用いた。

3. 結果

今回震源決定したイベントの震源計算結果を表1に示した。

このイベント番号は、以下の図にも用いてある。KMAとJMAデータを合わせて処理して初めて震源が求まったイベントは8個であるが、そのうち誤差が大きな5個を除いた比較的精度が良い(水平誤差5分以下)と思われる3個(イベントNo.5,14,15)の震源を図3に示した。すべて両国間の海域に位置している。

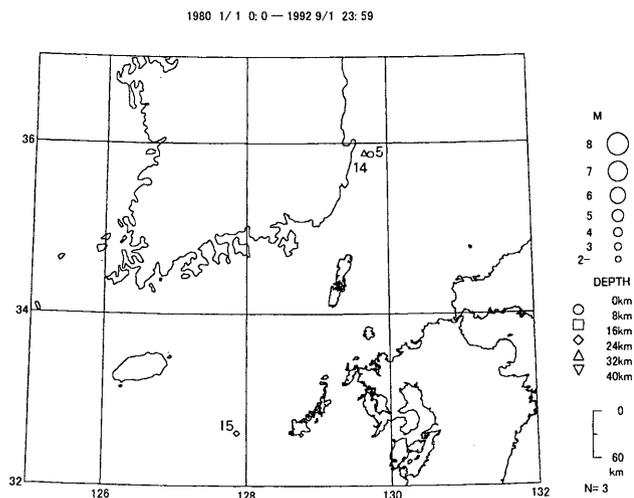


図3：KMAとJMAの地震観測データを総合して初めて決められた震源3個の分布。

図4は、KMAデータだけで決められた震源で、決まった震源数は7個、そのうち誤差の大きなものが3個を除いた4個(No.9,11,12,13)の震央分布を示した。半島南部に「H」と「I」を付けた震源が2個あるが、同じデータで堀(1998)が震源決定してものに「H」を、今回の結果に「I」を付した。ただし、これらのイベントはKMA地震観測報告には掲載されていないのでKMAの震源位置との比較はできない。堀(1998)は、震源決定には渋谷拓郎氏のプログラム(Shibutani et al,1991)を用いたほか、速度構造はKim & Jung(1985)を用いている。しかし、この2イベントのそれぞれの相対位置差を見る

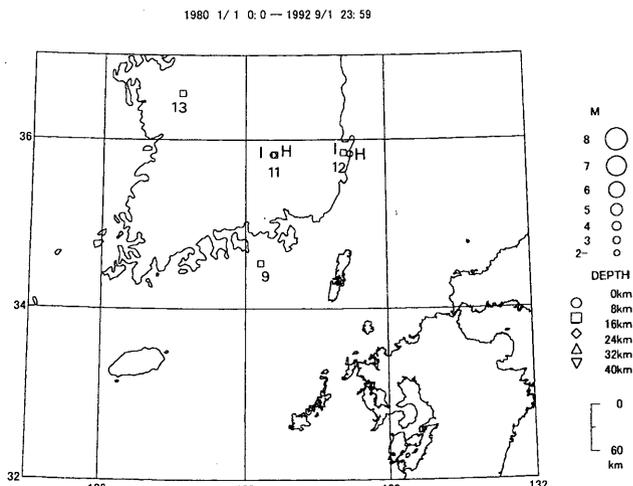


図4：KMA地震観測データだけで決められた震源の分布。半島南部に位置する「I」と「H」が付記された2イベントは、それぞれこの研究で決められた震源と堀(1998)による震源を比較のために示した。

限り、震源決定プログラムと速度構造が異なることによる震源位置の差は小さいと判断される。

図5は、KMAとJMAがそれぞれ独自に震源を決めているイベント8個を示した。

KMA地震観測報告に掲載されている震源パラメータには深さの項が無い。しかし、すべて地殻内震源と推定できるので深さは「0km」で表した。それぞれの機関の震源と両者のデータを合わせて処理した結果を示した。図5の中の一部を拡大した図を図6a, bに示した。震源マークの側にKMA地震観測報告による場合には「K」を、

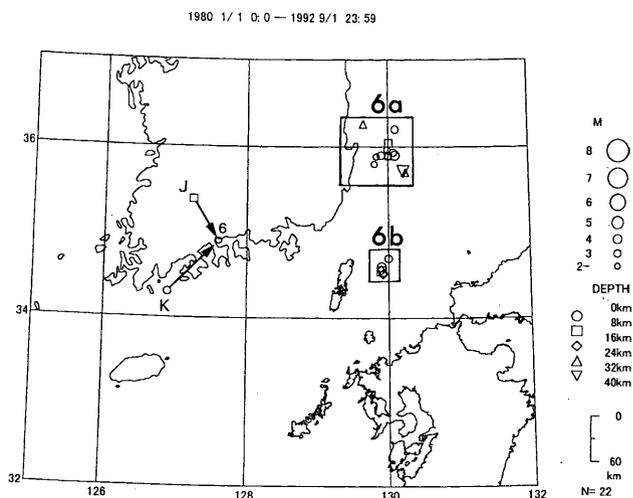


図5：KMAとJMAの震源と、それらの観測データを総合して決められた震源の位置。KMA, JMAそれぞれによる震源位置には「K」、「J」を付記し、総合して決められた震源位置へ矢印を付けてどれだけ移動したかを示した。

JMA 地震月報による場合には「J」を、それぞれ付してデータの出典を示し、矢印の先にあるマークが両者のデータを総合して処理した結果の震源である。この中で特に半島南部に 1 個震央位置の差がおおよそ 100km に及ぶイベントが 1 個 (No. 6) ある。このイベントに対する JMA の震源は観測網から外へ離れたイベントであり、当然信頼度は落ちる。一方、KMA の震源も唯一南側に位置する Jeju (済州) 観測点のデータがこのイベントについては無く、やはり信頼度は高くない。その点両者のデータを総合して決めた結果は、結果的に観測点があるため信頼度は高くなっていると考えられる。

このイベント以外は半島東方沖と対馬東方の海域で、こちらでの位置の差は余り大きくなく、図 6 a, b で詳しく見る。この中で、半島東方沖海域では JMA 震源がやや深く決まっているものもある。特に、図 6 a の「1」, 「2」の震源は、深さが 40km となっている。しかし、この地域は陸的構造をしていると思われ、このような深さに震源が決まることは不適當である。これは、JMA, KMA

移動したが、JMA の震源位置は余り移動していない。これは、JMA の観測網には対馬観測点があるため、この海域は観測網の内側に近い条件になっているからと思われる。

最後に震源位置だけの比較を行った。1992 年以降 2001 年 5 月までの KMA の震源分布を図 7 に示した。この同じ期間で両国間の中間付近から韓国側の地域で JMA と KMA が共通して決めたイベントの震源分布を図 8 に示した。この図と図 7 を見比べると JMA の震源決定可能領域の限界がほぼ分かる。具体的には、M 3 程度であれば北東-南西の帯状に半島南東部をカバーしてその延長海域を含む範囲であれば震源決定可能と推定できる。その北西側では M が大きくない限り震源は決まっていない。図 9 は、JMA だけが震源決定しているイベントの分布である。ほとんどは半島南側の海域である。これは KMA の地震観測網が南部は済州島の 1 点しかないためと考えられる。

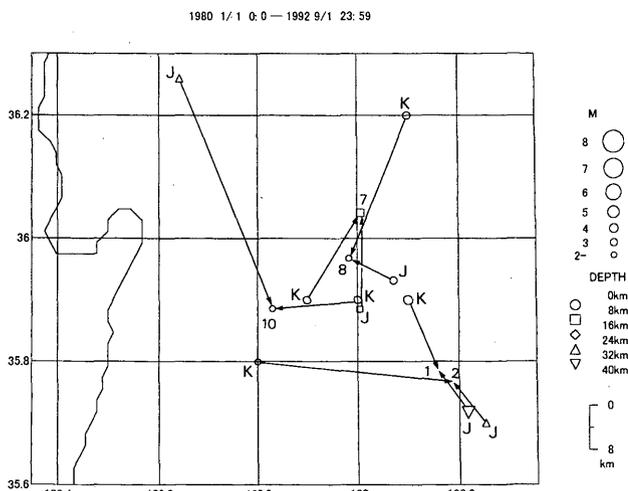


図 6 a: 図 5 の半島東方沖の海域の拡大図。内容は、図 5 と同じ。「1」と「2」のイベントは統合再計算した結果の信頼度が劣るためマークは付けていないが、震央位置を矢印の先で示した。

それぞれの観測網の中間にあり、直上に観測点が無いため深さの拘束が悪い場所であり、そのため誤った深さを決定したと思われる。もちろん速度構造が「8 3 A」と異なっていることが原因かも知れない。ただ、分散していた震源が、データを総合して処理すると集まる傾向が見られ、両国のデータを総合することが震源位置の改善に結びつくことが分かる。また、対馬東方海域では、2 つのイベントだけであるが、KMA の震源の一つは大きく

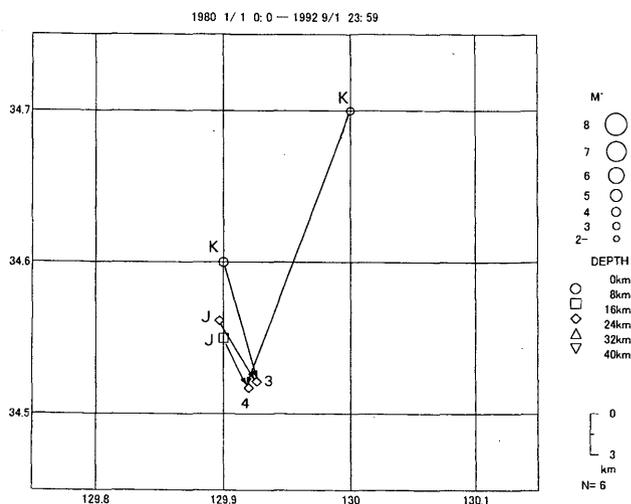


図 6 b: 図 5 の対馬東方沖の海域の拡大図。内容は、図 5 と同じ。

4. まとめ

KMA 地震観測データと JMA 地震観測データを総合処理することにより、新しく震源が 3 個決まったほか、半島南部や半島東方沖海域の震源決定精度が改善された。従って、半島内部や周辺部の震源を決めるには、KMA のデータは重要であることが分かった。一方、対馬東方沖海域の震源については、多少の改善は見られたものの、大きな改善は見られなかった。

データの内容についての検討では、堀(1998)のデータと 1992 年 KMA 観測報告は、10 イベント程度しか重ならな

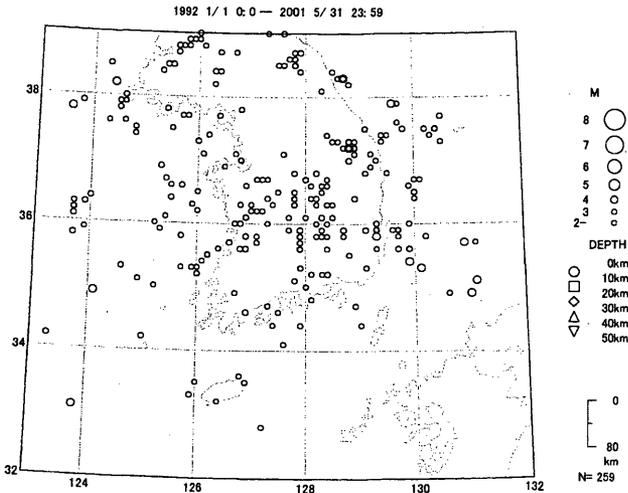


図7：KMAによる震源分布。期間は、1992年から2001年5月末まで。

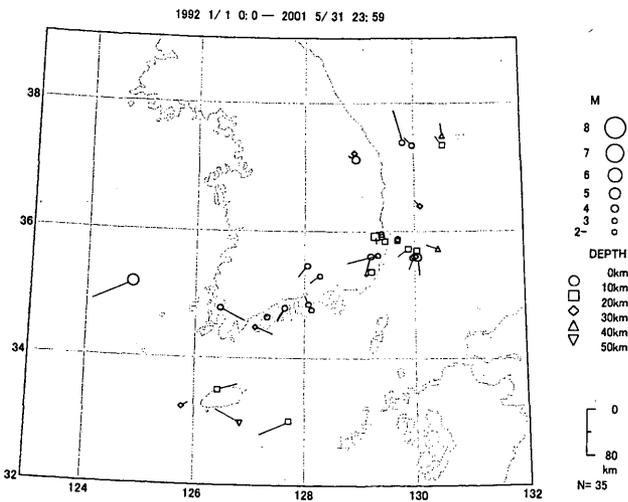


図8：KMAとJMAで共通に震源を決めたイベントの震源分布。マークの位置がJMAの震源で、マークに付けたバーの先がKMAの震源の位置。

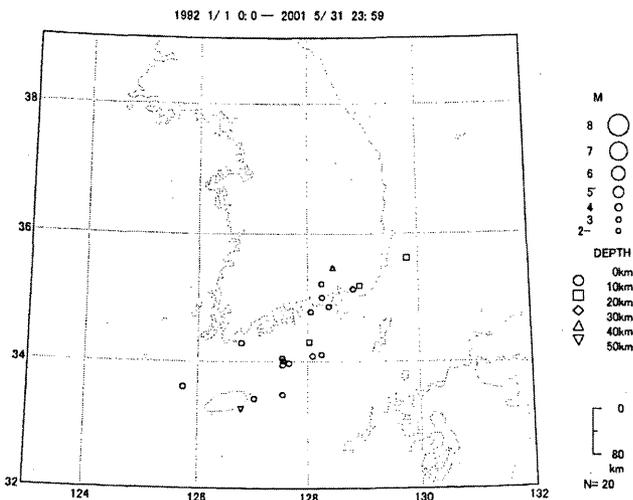


図9：JMAだけが震源を決めたイベントの分布。

いことが分かった。同じKMA地震観測網のデータであるが、同じイベントで同じ観測点のデータでのP相、S相の時刻は同じ値である場合もあったが、多くは0.1秒から大きい場合は0.5秒異なっていた。従って、別人が検測したため異なった時刻になった可能性が高い。ただ、この両者のデータが共通するイベントではJMAデータが得られていないため、両者のデータの質を議論するには至らなかった。

また、近年のJMA地震観測網では、半島の南東部であればM3程度のイベントの震源は決定可能である。

5. 謝辞

この報告をまとめるに当たり、観測データ・ファイルを快く提供していただいた京都大学の尾池和夫教授と海洋科学技術センターの堀高峰研究員には感謝いたします。

参考文献

浜田信生, 吉田明夫, 橋本春次, 1983, 気象庁震源計算プログラムの改良(1980年伊豆半島東方沖の地震活動と松代群発地震活動の震源分布の再調査), 験震時報, **48**, 35-56.

浜田信生, 1984, 近地地震用走時表の再検討, 気象研究所研究報告, **35**, 109-167.

堀高峰, 1998, 日韓の気象庁のデータを用いた対馬海峡周辺の地震の震源決定, 韓半島とその周辺における地震活動と活断層 (代表, 尾池和夫), 146-148.

Kim, S.K., and B.H. Jung, 1985, Crustal structure of the southern part of Korea, J. Korean Inst. Mining Geol., **18** 151-157.

Korea Meteorological Administration, 1992, Seismological Bulletin of Korea 1978-1992, 112pp.

Korea Meteorological Administration, 2001, Earthquake Observation Report 1978-2000, 166pp.

Shibutani, T., T. Okura, Y. Iio, M. Kanao, K. Nishigami, K. Tasaki, T. Iwata, Y. Kakehi, N. Hirano, M. Ando, B. C. Bautista, J. R.

Puertollano, A. G. Lanuza, A. A. Melosantos, A. Chu, R. Pigtain, E. dela Cruz And R. S. Punongbayan, Search for a buried subfault(s) of the 16 July 1990 Luzon earthquake, Phillipines by means of after-shock observations, J. Natur. Disas. Sci., Vol.13, pp.29-38, 1991