

全球数値予報モデル (GSM) 降水量予想の検証

—中国領域を対象として—

孫 沈 清**

要 旨

気象庁の全球数値予報モデル (GSM) は全球範囲で毎日降水量を計算している。今回 1988~89 年 4~9 月のデータを使用して、中国領域での予想精度を調べた。

その結果、全国的に予想回数が多い傾向にあり、空振りが多い。しかし、実況で 1 mm の雨に対し、予想で 5 mm を敷居値とすれば、40% 前後のスレットスコアが認められ、空振り率と見逃し率のバランスも取れる。また、降水量の予想値が大きければ大きいほど、実況で 10 mm 以上降水の起る割合が大きくなる。地域別に見れば、東部が良く、3 mm の予想値を敷居値とするのが適当で、南部や中南部の予想回数が特に多い。なお、北西部が余り良くない。以上は GSM モデルの「癖」であり、今後中国で降水予想を使用する場合、この検証が参考になるであろう。また GSM のモデル改善の際にもこの結果が活用されるよう願っている。

1. はじめに

日本気象庁の全球数値予報モデル (GSM)** は全球範囲で毎日降水量の予想を計算している。この予想が中国領域においてどの位の精度があるかを知るため、今回の検証をした。

使用データ

期間 1988~89年の2年分の暖候期 (4.1~9.30) 366日

項目

- ① GSM 毎日 00Z 降水予想図 (アジア部分)
- ② 日本で毎日降水量を得られる中国領域26観測点の毎日降水量データ

* An Evaluation of Precipitation Amount by Global Numerical Prediction Model (GSM) in the Regions of China.

** Shenqing Sun 中国新疆気象台 東大理学部.

*** 1988年3月~1989年11月は GSM 8803 (16層, T 63, 格子間隔~180 km) が用いられた (Sugi et al 1989). 現在は GSM 8911 (21層, T 106, 格子間隔~110km) が使われている (「天気」37巻9号解説参照).

—1989年11月28日受領—

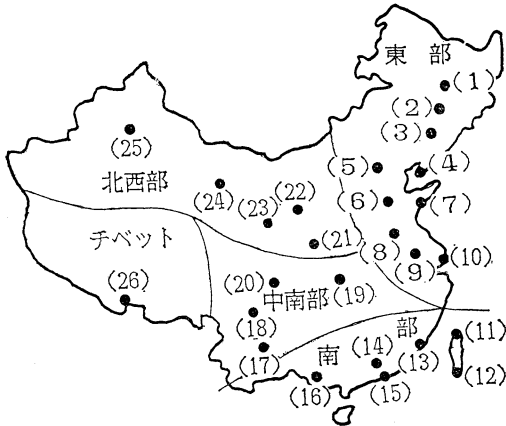
—1991年1月28日受理—

第1図に上記26の観測点の分布を示す。揚子江以南に空白地があるのが残念であるが、ほぼ中国全体を網羅している。地理的位置と気候の特徴を考慮して、チベット以外の全国を四つに分け、東部・南部・中南部と北西部で別々に統計をとった。第1表は26の観測点の地点番号・地名及び経緯度である。最後の定日はチベットのヒマラヤ山脈の麓の町であり、チベット全体を代表するとは考えにくいので、全国の統計にのみ加えた。

2. 検証方法

① 暖候期の毎日降水量予想図から、中国26地点の日降水量予想値を予想時間別 (24, 48, 72時間別) に読み取る。ただし 50 mm 以上の予想については、予想図に等値線が無いので、単に 50 mm 以上とした。2年間の暖候期について日毎に実況と比べ、年別に各予想時間の全国の分割表を作る。第2表はその一例で、1988年暖候期の24時間予想の分割表である。又26観測点のデータを前記の地区別に統計して、4区の分割表を予想時間別に作る。

② 分割表により、1 mm, 5 mm, 10 mm の予想値と 1 mm の降水実況を敷居値として、スレットスコア・空振り率・見逃し率・的中率を計算し、各地の優劣を調



第1図 日本で毎日降水量を得られる中国領域26観測点の分布。

べる。同時に各地の降水率も計算する。比較のため、東京について同様な計算を行った。

各項目の計算公式を以下のように定義する。

		実況	
		no	yes
予想 数居値	n	A	B
	y e s	C	D

$$\text{スレットスコア} = \frac{D}{B + C + D}$$

$$\text{空振り率} = \frac{C}{B + C + D}$$

$$\text{見逃し率} = \frac{B}{B + C + D}$$

$$\text{的中率} = \frac{A + D}{A + B + C + D}$$

$$\text{降水率} = \frac{B + D}{A + B + C + D}$$

③ 関連の図として降水率とスレットスコア及び的中率の散布図を作成し、回帰直線を描き、地区別に優劣を判断する。又予想値と 10 mm 以上降水量の関係図を作成して、結果を分析する。

3. 若干の説明

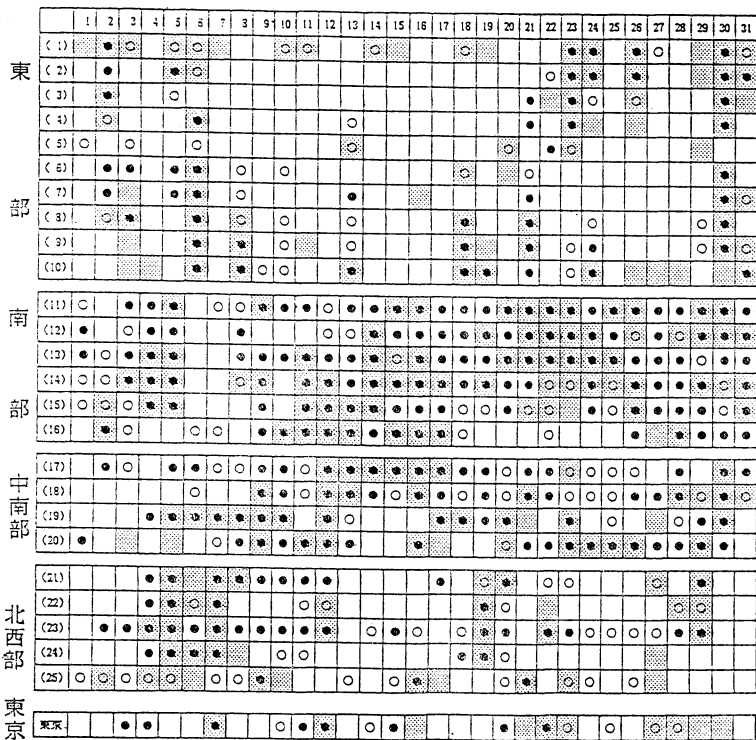
第1表 検証に使用した中国の26観測点の地名と位置。

地点番号	地名	緯度(N)	経度(E)	地区
(1)	哈爾濱	45 45	126 46	東部
(2)	長春	43 54	125 13	
(3)	沈陽	41 46	123 26	
(4)	大連	38 54	121 38	
(5)	北京	39 56	116 17	
(6)	済南	36 41	116 59	
(7)	青島	36 04	120 20	
(8)	徐州	34 17	117 09	
(9)	南京	32 00	118 48	
(10)	上海	31 10	121 26	
(11)	台北	25 02	121 31	南部
(12)	恒春	22 00	120 45	
(13)	厦門	24 27	118 04	
(14)	河源	23 44	114 41	
(15)	香港	22 18	114 10	
(16)	龍州	22 22	106 45	中南部
(17)	昆明	25 01	102 41	
(18)	西昌	27 54	102 16	
(19)	宜昌	30 42	111 18	
(20)	成都	30 40	104 01	北西部
(21)	西安	34 18	108 56	
(22)	塩池	37 47	107 24	
(23)	蘭州	36 03	103 53	
(24)	酒泉	39 46	98 29	
(25)	烏魯木齊	43 47	87 37	
(26)	定日	28 38	87 05	

① 点と面での検証方法については前もって検討したが日本で得られる中国の実況データが限られている故、今回は点での検証を行った。又降水予想図を利用する時、最も簡単な検証方法として其の位置の経緯度で予想図から予想値を読み取り、観測データと直接比較した。尚中国では日本のアメダスのような観測システムは無いので、雨量の観測は測候所の露場の雨量計による観測データを使用する。しかしこのような検証は、今回利用した予想図の縮尺が小さいため、正しい予想値を読み取ることは難しい。しかしながら、この検証は定性的な結果を指摘するだけでなく2年分のデータを比較することにより、定量的な結果にも役立つと考える。

② 中国全般で見れば、暖候期は主な降水が雨で、台風・梅雨・豪雨等を含み、予想の難度が高く参考価値も高い。それに対して寒候期は雪が多く、その量は雨に比べてはるかに少ない。又寒候期は主にシベリア寒冷高気圧に覆われ、降水回数も少ない。それ故今回の研究は時間が限られているので2年の暖候期に絞った。

③ 中国全土をチベットを除いて4地域に分けたのは、



第2図 1988年5月 24時間降水予想と実況の比較 (○は1~5mm予想, ●は5mm以上予想, 影は実況で1mm以上の降水を表す)。

第2表 全国26地点1988年4~9月の降水量分割表。

予\実	0	1	5	10	15	20	25	30	50	100
0	2146	160	56	27	16	9	3	9	2	3
1	525	151	47	33	10	4	5	13	5	
5	337	124	68	39	19	18	7	18	10	1
10	145	98	53	26	18	10	4	15	8	
15	55	48	24	16	14	6	7	17	8	5
20	37	32	15	12	9	8	6	14	8	
25	14	10	16	4	5	3	2	10	3	2
30	13	21	11	8	6	4	6	10	6	2
50	4	2	2	4	1	1	1	2	1	1

地理・地形・気候等の因子を考えたからである。東部は南北の差はあるが中緯度偏西風の制御の下で降水は主に偏西風で伝わってくる寒気の影響で起こり、又アジア大陸の東海岸の平均の長波の谷とも関係がある。南部は低緯度で中緯度とは全然違う気圧配置で南からの影響が他の地区よりはるかに強い。北西部は海から遠く典型的な大陸気候である。中南部は中国の真ん中で四方からの影響がある所である。主に以上の考えを以て分割したが、中国の経済的特徴による分割とも大体一致している。

4. 検証結果

① 予想と実況を合わせてみる。一例として1988年5月24時間予想のデータを第2図に表すが、○と●印は降水の予想を出した日で、●は5mm以上、○は1mm以上5mm以下の予想である。影の部分は実際に1mm以上の降水があった日である。○か●と影が重なっている日は予想が正確な日で前記のDに属し、唯の○あるいは●の日は空振り(C)であり、影の日は見逃し(B)である。

地区別に見ると、東部が一番合っていて、空振りも見逃しも少ない。特に5mm以上の空振りは更に少ない。南部は予想回数が多すぎ、この月は85%の日に降水を予想している。5mm以下の降水予想の時にはほとんど降らないが、5mm以上の予想も空振りが少なくない。図は略したが、降水量予想図を見ると、ほとんど毎日低緯度に降水予想地区が東西に横たわっている。中南部も予想回数の多い傾向がある。又北西部の誤差が最も多く、降水が少ない割に、空振りも見逃しも比率が高い。

第3表 1988年4～9月の予想精度表.

地区	観測 点数	日数	降水 率	(予想) 1:1 (実況)				(予想) 5:1 (実況)				(予想) 10:1 (実況)				
				予想 時間	スレ ット スコア	空振 り率	見逃 し率	的中 率	スレ ット スコア	空振 り率	見逃 し率	的中 率	スレ ット スコア	空振 り率	見逃 し率	的中 率
中国 全土	26	4758	0.31	2.4	0.46	0.43	0.11	0.70	0.44	0.29	0.27	0.76	0.36	0.15	0.49	0.76
				4.8	0.43	0.47	0.10	0.66	0.40	0.34	0.26	0.72	0.33	0.20	0.47	0.74
				7.2	0.40	0.48	0.12	0.64	0.38	0.34	0.28	0.71	0.29	0.21	0.50	0.72
東部	10	1830	0.25	2.4	0.48	0.33	0.19	0.80	0.44	0.15	0.41	0.83	0.31	0.06	0.45	0.81
				4.8	0.42	0.40	0.18	0.76	0.39	0.22	0.39	0.80	0.27	0.09	0.64	0.80
				7.2	0.39	0.41	0.20	0.74	0.35	0.25	0.40	0.78	0.25	0.11	0.64	0.79
南部	6	1098	0.43	2.4	0.50	0.41	0.09	0.65	0.48	0.29	0.23	0.69	0.40	0.17	0.43	0.69
				4.8	0.48	0.44	0.08	0.61	0.43	0.35	0.22	0.63	0.36	0.22	0.42	0.66
				7.2	0.46	0.45	0.09	0.58	0.40	0.32	0.28	0.62	0.29	0.20	0.51	0.63
中南部	4	732	0.40	2.4	0.48	0.47	0.05	0.61	0.48	0.37	0.15	0.67	0.39	0.20	0.41	0.70
				4.8	0.46	0.47	0.07	0.59	0.41	0.37	0.22	0.63	0.34	0.23	0.43	0.66
				7.2	0.43	0.50	0.07	0.55	0.42	0.39	0.19	0.62	0.32	0.24	0.44	0.65
北西部	5	915	0.23	2.4	0.34	0.53	0.13	0.68	0.32	0.33	0.35	0.77	0.23	0.16	0.61	0.79
				4.8	0.32	0.59	0.09	0.61	0.31	0.45	0.24	0.71	0.29	0.29	0.42	0.77
				7.2	0.29	0.58	0.13	0.61	0.30	0.27	0.43	0.61	0.24	0.30	0.46	0.77
東京	1	183	0.40	2.4	0.48	0.39	0.13	0.65	0.47	0.21	0.32	0.73	0.40	0.14	0.46	0.72
				4.8	0.45	0.44	0.11	0.60	0.39	0.32	0.29	0.63	0.34	0.23	0.43	0.66
				7.2	0.47	0.44	0.09	0.62	0.39	0.32	0.29	0.64	0.37	0.22	0.41	0.67

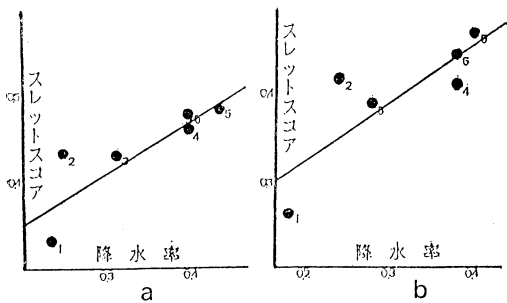
第4表 1989年4～9月の予想精度表.

地区	観測 点数	日数	降水 率	(予想) 1:1 (実況)				(予想) 5:1 (実況)				(予想) 10:1 (実況)				
				予想 時間	スレ ット スコア	空振 り率	見逃 し率	的中 率	スレ ット スコア	空振 り率	見逃 し率	的中 率	スレ ット スコア	空振 り率	見逃 し率	的中 率
中国 全土	26	4758	0.28	2.4	0.43	0.48	0.09	0.69	0.42	0.33	0.25	0.76	0.33	0.17	0.50	0.77
				4.8	0.39	0.51	0.10	0.64	0.36	0.38	0.27	0.71	0.28	0.24	0.48	0.73
				7.2	0.35	0.53	0.11	0.61	0.32	0.39	0.28	0.68	0.24	0.25	0.50	0.71
東部	10	1830	0.24	2.4	0.46	0.37	0.16	0.80	0.42	0.21	0.38	0.83	0.29	0.09	0.62	0.81
				4.8	0.41	0.41	0.18	0.77	0.38	0.25	0.37	0.80	0.25	0.15	0.60	0.79
				7.2	0.36	0.46	0.18	0.72	0.30	0.32	0.38	0.76	0.21	0.17	0.61	0.78
南部	6	1098	0.40	2.4	0.50	0.42	0.08	0.65	0.50	0.28	0.22	0.72	0.43	0.14	0.43	0.73
				4.8	0.47	0.40	0.08	0.61	0.44	0.35	0.21	0.66	0.38	0.23	0.40	0.68
				7.2	0.43	0.48	0.08	0.56	0.40	0.36	0.25	0.62	0.29	0.24	0.46	0.63
中南部	4	732	0.38	2.4	0.44	0.51	0.04	0.58	0.44	0.37	0.19	0.67	0.32	0.21	0.47	0.67
				4.8	0.41	0.52	0.07	0.54	0.44	0.37	0.14	0.61	0.28	0.24	0.48	0.64
				7.2	0.38	0.54	0.09	0.49	0.34	0.41	0.24	0.58	0.26	0.26	0.48	0.62
北西部	5	915	0.18	2.4	0.30	0.63	0.07	0.65	0.33	0.42	0.25	0.70	0.24	0.19	0.58	0.83
				4.8	0.24	0.68	0.08	0.57	0.27	0.53	0.21	0.71	0.26	0.37	0.37	0.78
				7.2	0.23	0.67	0.10	0.57	0.22	0.52	0.26	0.70	0.21	0.36	0.44	0.77
東京	1	183	0.38	2.4	0.49	0.35	0.17	0.70	0.45	0.15	0.40	0.75	0.32	0.07	0.61	0.72
				4.8	0.45	0.42	0.12	0.64	0.49	0.27	0.24	0.73	0.36	0.18	0.46	0.70
				7.2	0.37	0.44	0.19	0.56	0.33	0.29	0.37	0.64	0.29	0.18	0.53	0.67

② 第3表と第4表は1mm, 5mm, 10mmの予想値と1mmの実況を数値として計算した年別の予想精度表である。第3表を見ると, 1mm以上を予想した場合, スレットスコアは0.29~0.50で, 空振りが見逃しよりもずっと多く, ここでも雨の予想回数が多すぎる傾向

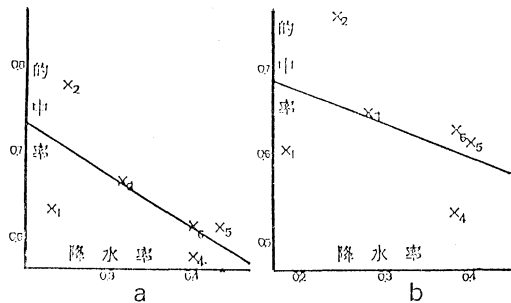
が見られ, 南部と中南部はこの傾向が特に強い。東部は空振りと見逃しの差がやや小さい。

5mmの予想値を数値とする場合, スレットスコアはそれ程変わらないが, 空振り率と見逃し率のバランスは取れる。



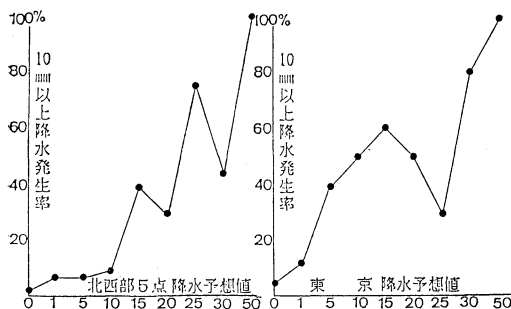
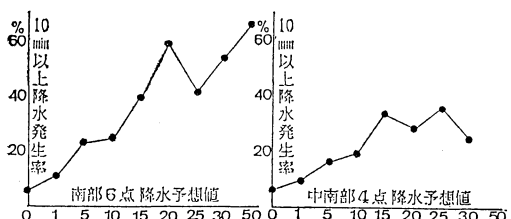
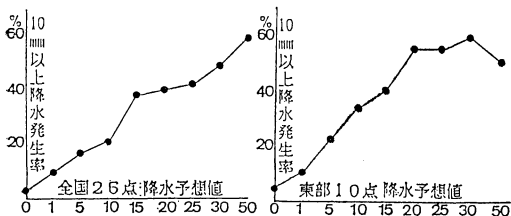
第3図 降水率とスレットスコアの散布図。

(1 : 北西部 2 : 東部 3 : 南部
4 : 中南部 5 : 全国 6 : 東京)
a : 1988 b : 1989



第4図 降水率と的中率の散布図。

(説明は第3図同)



第5図 降水量予想値と10mm以上降水発生率の対応関係。

10mm を敷居値とした場合は、見逃し率が突然高くなる。

3種の敷居値の計算結果を比べると、5mmの降水
1991年6月

を予想した場合に降水を考えるのが適当だが、東部は3mm前後が適当である。第3表は1988年の統計であるが、第4表の1989年の統計結果を見てもそれ程変化はない。

③ 第3図は降水率と各予想時間でのスレットスコアの平均値との散布図(ただしaは1988年、bは1989年、第4図も同様)であるが、この図で分かるように降水率とスレットスコアは正相関である。回帰直線の上方の点のスレットスコアが同じ降水率の直線値より高いので、東部(図面上の番号2)の予想が優秀である。それに対して北西部(図面上の番号1)が劣っており、その他は回帰直線に近い(図面上の番号3, 4, 5, 6)。両年ともほぼ似ているが、1989年の中南部(図面上の番号4)は余り良くない。

第4図は降水率と的中率の散布図であり、これは逆相関が認められる。やはり東部の予想が優れていて、北西部が劣るが、中南部も劣っている。

④ 第5図は1988年の降水予想値と10mm以上の降水発生率の関係である。分割表からは分からないが、この図を見ると予想値が高い程雨が強く降る可能性が強くなる事が分かる。全国の曲線はデータの例数が多いので滑らかだが、各地別の曲線は予想値が高い時は例数が少ないので少し乱れる。しかし上述の傾向は同じであり、また両年とも似ている(1989年の図は略した)。

⑤ 1988年と1989年の統計結果を比べると、以上の傾向は大体一致しているが、1989年の降水率は昨年よりやや低い。またスレットスコアや的中率もやや低く、空振り率が増えている。

⑥ 東部の降水予想が優れていることは、前に発表したGSM 500mb高度の予想が大陸東岸で優れているのと一致している(孫・板井, 1989)。新疆を含めた北西部

は降水率が低いために、第4図の回帰直線から見れば、一般的に的中率が高いはずだが、上述の統計では北西部の的中率が低く、大陸内部の予想結果が望ましくないのが残念である。

⑦ 東京のデータを使用して同様な計算をした。降水率は2年とも中国の中南部と同じだが、第3図と第4図で示す通り、降水予想は中南部より優れている。第3表と第4表から見ると、スレットスコアの絶対値は東部よりやや高いが、第3図と第4図の回帰直線に近く東部に劣る。本来、日本本土の予想精度は中国東部以上のレベルであると考えていたが、緯度が低いため、降水の予想回数が多すぎる傾向にある。

5. さいごに

今回は日本の全球モデルによる中国での降水予想について検証した。その結果、降水予想の回数が多すぎて、空振りが多い。しかし予想の5mmと実況値の1mmを敷居値とすれば40%前後のスレットスコアが認められ、空振り率と見逃し率のバランスも取れる。また降水予想値が大きくなるにつれ、10mm以上の降水可能性が強くなる。全国平均としてこのような結果が出たが、地区別に分けると、東部が良く、南部や中南部は予想回数が特に多い。なお北西部が余り良くない。これらはGSMの「癖」であろう。以上のことは2年間の暖候期を調べた

結果であり、ある程度の有意性を示していると考えている。

今後中国でGSMの降水予想を使用する場合、このような検証結果が参考になると思う。またGSMのモデル改善の際、降水予想の回数の多すぎる傾向の改善や、大陸内部の予想精度の向上などへこの結果が活用されるよう期待している。

謝 辞

このレポートの作成の際、検証の内容および方法等に詳しく指導して下さった気象庁前予報部立平良三・山岸米二郎と饒村曜の各氏、データの収集に協力して下さった観測部統計室と予報課天気相談所の関係者に厚く感謝致します。

参考文献

- 孫沈清・板井秀泰, 1989: ECMWF と JMA の全球モデル・500 mb の予報精度, 研究時報, 41, 4, 121-128.
- Sugi, M. K. Kuma, K. Tada, K. Tamiya, H. Hasegawa, T. Iwasaki, S. Yamada and T. Kitade, 1989: Description and performance of the new JMA operational global spectral model (JMA-GSM 88), JMA/NPD Tech. Rep., 48pp.

日本気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所	備 考
降水洗浄と大気-地表間交換過程に関する国際会議	1991年7月15日 ～19日	カナダ気象海洋学会・アメリカ気象学会	リッチランド	Vol. 37, No. 8
第23回乱流シンポジウム	1991年7月23日 ～25日	日本流体力学会	名城大学理工学部	Vol. 38, No. 3
第2回計算流体力学シンポジウム	1991年7月26日 ～27日	日本流体力学会	名古屋大学工学部	Vol. 38, No. 3
第20回測地学・地球物理学連合総会	1991年8月11日 ～24日	IUGG	ウィーン	Vol. 36, No. 12
第8回エアロゾル科学技術研究討論会	1991年8月21日 ～23日	エアロゾル研究協議会	総評会館(東京)	Vol. 38, No. 3
HEIFE (地空相互作用に関する日中共同研究) ワークショップ	1991年9月22日 ～28日		中国(蘭州)	Vol. 38 No. 1
『小氷期の気候』国際シンポジウム	1991年9月25日 ～28日	日本地理学会古気候復元研究グループ	八王子(東京都立大学)	Vol. 37, No. 8
日本気象学会平成3年度秋季大会	1991年10月23日 ～25日	日本気象学会	名古屋国際会議場	Vol. 38, No. 5