Multiple equilbria in a cloud resolving model – Supplement

Sharon L. Sessions, Satomi Sugaya and David J. Raymond
Physics Department and Geophysical Research Center
New Mexico Tech
Socorro, NM 87801 USA
sessions@kestrel.nmt.edu
Adam H. Sobel
Departments of Applied Physics and Applied Mathematics
and Earth and Environmental Sciences
Columbia University
New York, NY 10027 USA

October 13, 2009

1 Model Parameters

Below is a table consisting of the parameters and run times used for the simulations which provided data for this work. Size and grid refer to domain size and grid resolution, both are given in km. Both the potential temperature relaxation time (hours) and its inverse (t_θ^{-1}, measured in s^{-1}) are specified since the latter is the actual model input parameter. f is the fraction of the of the radiative convective equilibrium (RCE) moisture profile initially in the domain (equation (3) of section 2). x_s (km), $\delta\theta^{max}_{local}$ and $\delta\theta^{max}_{random}$ are initial perturbations, equation (5) of section 2. The potential temperature perturbations are given as fractional values of the RCE profile, θ_0, since this is actual model input. To estimate the absolute temperature perturbation, multiply the values given by 300 K. Time is the model run time in days. Rain rate (in mm day^{-1}) is not an input parameter, but has been included to identify the runs which correspond to the two possible equilibrium states.

Model parameters for individual runs

Test	size	grid	v_y	t_θ^{-1}	t_θ	f	x_s	$\frac{\delta\theta^{max}_{local}}{\theta_0}$	$\frac{\delta\theta^{max}_{random}}{\theta_0}$	time	rain rate
1	50	0.5	3	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	60	0.0000
2	50	0.5	3	1.5×10^{-4}	1.85	1	1	0.03	0.03	60	0.0000
3	50	0.5	4	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
4	50	0.5	4	1.5×10^{-4}	1.85	1	1	0.03	0.03	60	0.0000
5	50	0.5	5	1.0×10^{-5}	27.78	0	3	0.03	0.001	120	3.908
6	50	0.5	5	2.5×10^{-5}	11.11	0	3	0.03	0.001	120	2.629
7	50	0.5	5	3.25×10^{-5}	8.55	0	3	0.03	0.001	120	2.410
8	50	0.5	5	4.0×10^{-5}	6.94	0	3	0.03	0.001	120	0.0005
9	50	0.5	5	7.5×10^{-5}	3.70	0	1	0.03	0.03	120	0.0001
10	50	0.5	5	7.5×10^{-5}	3.70	1	1	0.03	0.03	120	3.288
11	50	0.5	5	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
12	50	0.5	5	1.5×10^{-4}	1.85	1	1	0.03	0.03	60	2.964
13	50	0.5	5	1.0×10^{-3}	0.28	0.5	3	0.03	0.001	120	0.0000
14	50	0.5	5	1.0×10^{-3}	0.28	0.9	3	0.03	0.001	120	0.0000
15	50	0.5	5	1.0×10^{-3}	0.28	1.0	3	0.03	0.001	120	0.0000
16	50	0.5	6	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
17	50	0.5	6	1.5×10^{-4}	1.85	1	1	0.03	0.03	60	6.921
18	50	0.5	7	1.0×10^{-5}	27.78	0	3	0.03	0.001	120	6.200
19	50	0.5	7	4.0×10^{-5}	6.94	0	3	0.03	0.001	120	10.12
20	50	0.5	7	5.0×10^{-5}	5.56	0	3	0.03	0.001	120	10.84
21	50	0.5	7	6.0×10^{-5}	4.63	0	3	0.03	0.001	120	0.0038
22	50	0.5	7	7.88×10^{-5}	3.53	0	1	0.03	0.03	120	0.0004
23	50	0.5	7	7.88×10^{-5}	3.53	1	1	0.03	0.03	120	11.13
24	50	0.5	7	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
25	50	0.5	7	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	10.05
26	50	0.5	7	1.0×10^{-3}	0.28	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
27	50	0.5	7	1.0×10^{-3}	0.28	0.5	3	0.03	0.001	120	0.0000
28	50	0.5	7	1.0×10^{-3}	0.28	0.8	3	0.03	0.001	120	0.0000
29	50	0.5	7	1.0×10^{-3}	0.28	0.9	3	0.03	0.001	120	7.310
30	50	0.5	7	1.0×10^{-3}	0.28	1	3	0.03	0.001	120	7.289
31	50	0.5	10	7.5×10^{-5}	3.70	0	1	0.03	0.03	120	19.10
32	50	0.5	10	1.12×10^{-4}	2.47	0	1	0.03	0.03	120	21.10
33	50	0.5	10	1.12×10^{-4}	2.47	1	1	0.03	0.03	120	20.77
34	50	0.5	10	1.3×10^{-4}	2.14	0	1	0.03	0.03	120	20.89
35	50	0.5	10	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	182	0.094
36	50	0.5	10	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	20.33
37	50	0.5	10	1.0×10^{-3}	0.28	0	3	0.03	0.001	120	0.0001
38	50	0.5	10	1.0×10^{-3}	0.28	0.5	3	0.03	0.001	120	0.0000
39	50	0.5	10	1.0×10^{-3}	0.28	0.6	3	0.03	0.001	120	0.0002
40	50	0.5	10	1.0×10^{-3}	0.28	0.7	3	0.03	0.001	120	13.11

Model parameters for individual runs

Test	size	grid	v_y	t_θ^{-1}	t_θ	f	x_s	$\frac{\delta\theta^{max}_{local}}{\theta_0}$	$\frac{\delta\theta^{max}_{random}}{\theta_0}$	time	rain rate
41	50	0.5	10	1.5×10^{-3}	0.19	0	1	0.03	0.03	120	0.0001
42	50	0.5	10	3.0×10^{-2}	0.01	0	1	0.03	0.003	364	0.0000
43	50	0.5	12	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	103.75	25.49
44	50	0.5	15	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	74.75	31.85
45	50	0.5	15	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	31.48
46	50	0.5	15	5.7×10^{-4}	0.49	0	3	0.03	0.001	101	22.94
47	50	0.5	15	7.85×10^{-4}	0.35	0	3	0.03	0.001	120	21.57
48	50	0.5	15	1.0×10^{-3}	0.28	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
49	50	0.5	15	1.0×10^{-3}	0.28	0.3	3	0.03	0.001	120	0.0000
50	50	0.5	15	1.0×10^{-3}	0.28	0.4	3	0.03	0.001	120	22.43
51	50	0.5	15	1.0×10^{-3}	0.28	0.5	3	0.03	0.001	120	23.32
52	50	0.5	15	3.0×10^{-2}	0.01	0	1	0.03	0.03	364	0.0000
53	50	0.5	20	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	75.25	40.45
54	50	0.5	20	1.5×10^{-4}	1.85	1	1	0.03	0.03	60	40.64
55	50	0.5	20	1.0×10^{-3}	0.28	0	3	0.03	0.001	120	0.0461
56	50	0.5	20	1.0×10^{-3}	0.28	0.1	3	0.03	0.001	120	30.33
57	50	0.5	20	1.0×10^{-3}	0.28	0.3	3	0.03	0.001	120	31.93
58	50	1	0	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	0.0000
59	50	1	3	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	2.535
60	50	1	4	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
61	50	1	4	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	2.944
62	50	1	5	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
63	50	1	5	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	3.927
64	50	1	6	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
65	50	1	6	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	6.011
66	50	1	7	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
67	50	1	7	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	9.118
68	50	1	10	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	0.0007
69	50	1	10	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	17.95
70	50	1	12	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	23.11
71	50	1	15	1.5×10^{-4}	1.85	0	3	0.03	0.001	120	29.33
72	50	1	15	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	29.67
73	100	1	4	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	0.0000
74	100	1	5	1.0×10^{-5}	27.78	0	3	0.03	0.001	120	3.818
75	100	1	5	4.0×10^{-5}	6.94	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
76	100	1	5	7.5×10^{-5}	3.70	0	3	0.03	0.001	120	0.0007
77	100	1	5	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
78	100	1	5	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	3.884
79	100	1	5	5.0×10^{-4}	0.56	0.9	3	0.03	0.001	120	0.0000
80	100	1	5	5.0×10^{-4}	0.56	1	3	0.03	0.001	120	4.057

Model parameters for individual runs

Test	size	grid	v_y	t_θ^{-1}	t_θ	f	x_s	$\frac{\delta\theta^{max}_{local}}{\theta_0}$	$\frac{\delta\theta^{max}_{random}}{\theta_0}$	time	rain rate
81	100	1	7	7.5×10^{-5}	3.7	0	3	0.03	0.001	120	9.670
82	100	1	7	1.0×10^{-4}	2.78	0	3	0.03	0.001	120	9.283
83	100	1	7	1.25×10^{-4}	2.22	0	3	0.03	0.001	120	0.0093
84	100	1	7	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	120	0.0003
85	100	1	7	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	8.156
86	100	1	7	2.1×10^{-4}	1.32	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
87	100	1	7	5.0×10^{-4}	0.56	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
88	100	1	7	5.0×10^{-4}	0.56	0.5	3	0.03	0.001	120	0.0000
89	100	1	7	5.0×10^{-4}	0.56	0.7	3	0.03	0.001	120	0.0000
90	100	1	7	5.0×10^{-4}	0.56	0.8	3	0.03	0.001	120	7.507
91	100	1	10	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	75.75	17.07
92	100	1	10	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	17.45
93	100	1	10	1.88×10^{-4}	1.48	0	1	0.03	0.03	120	17.21
94	100	1	10	2.25×10^{-4}	1.23	0	1	0.03	0.03	120	15.41
95	100	1	10	2.25×10^{-4}	1.23	1	3	0.03	0.001	360	15.70
96	100	1	10	2.6×10^{-4}	1.07	0	1	0.03	0.03	120	0.0018
97	100	1	10	3.0×10^{-4}	0.93	0	1	0.03	0.03	120	0.0040
98	100	1	10	5.0×10^{-4}	0.56	0	3	0.03	0.001	120	0.0003
99	100	1	10	5.0×10^{-4}	0.56	0.5	3	0.03	0.001	120	0.0004
100	100	1	10	5.0×10^{-4}	0.56	0.6	3	0.03	0.001	120	12.33
101	100	1	10	5.0×10^{-4}	0.56	0.7	3	0.03	0.001	120	13.03
102	100	1	10	1.5×10^{-3}	0.19	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
103	100	1	15	7.5×10^{-5}	3.70	0	3	0.03	0.001	120	24.36
104	100	1	15	2.88×10^{-4}	0.96	0	3	0.03	0.001	120	28.51
105	100	1	15	4.0×10^{-4}	0.69	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
106	100	1	15	5.0×10^{-4}	0.56	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
107	100	1	15	5.0×10^{-4}	0.56	0.3	3	0.03	0.001	120	0.0000
108	100	1	15	5.0×10^{-4}	0.56	0.4	3	0.03	0.001	120	0.0000
109	100	1	15	5.0×10^{-4}	0.56	0.5	3	0.03	0.001	120	23.00
110	100	1	20	5.0×10^{-4}	0.56	0	3	0.03	0.001	120	34.94
111	200	1	4	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	0.0000
112	200	1	5	1.0×10^{-5}	27.78	0	3	0.03	0.001	120	4.280
113	200	1	5	4.25×10^{-5}	6.54	0	3	0.03	0.001	120	1.784
114	200	1	5	7.5×10^{-5}	3.70	0	3	0.03	0.001	120	0.0804
115	200	1	5	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
116	200	1	5	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	4.050
117	200	1	5	2.5×10^{-4}	1.11	0.8	3	0.03	0.001	120	0.0000
118	200	1	5	2.5×10^{-4}	1.11	0.9	3	0.03	0.001	120	3.735
119	200	1	7	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	182	8.775
120	200	1	7	1.5×10^{-4}	1.85	1	1	0.03	0.03	182	8.567

Model parameters for individual runs

Test	size	grid	v_y	t_θ^{-1}	t_θ	f	x_s	$\frac{\delta\theta^{max}_{local}}{\theta_0}$	$\frac{\delta\theta^{max}_{random}}{\theta_0}$	time	rain rate
121	200	1	7	1.8×10^{-4}	1.54	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
122	200	1	7	2.1×10^{-4}	1.32	0	1	0.03	0.03	360	0.0011
123	200	1	7	2.1×10^{-4}	1.32	0	3	0.03	0.001	360	0.0000
124	200	1	7	2.1×10^{-4}	1.32	1	1	0.03	0.03	120	7.873
125	200	1	7	2.5×10^{-4}	1.11	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
126	200	1	7	2.5×10^{-4}	1.11	0.5	3	0.03	0.001	120	0.0000
127	200	1	7	2.5×10^{-4}	1.11	0.7	3	0.03	0.001	120	0.0008
128	200	1	7	2.5×10^{-4}	1.11	0.8	3	0.03	0.001	120	7.816
129	200	1	7	3.0×10^{-2}	0.01	0	1	0.03	0.03	364	0.0000
130	200	1	10	1.5×10^{-4}	1.85	0	1	0.03	0.03	60	17.93
131	200	1	10	1.5×10^{-4}	1.85	1	3	0.03	0.001	120	17.09
132	200	1	10	2.5×10^{-4}	1.11	0	3	0.03	0.001	105	14.67
133	200	1	10	2.5×10^{-4}	1.11	0.5	3	0.03	0.001	120	14.70
134	200	1	10	3.0×10^{-4}	0.93	0	1	0.03	0.03	120	13.53
135	200	1	10	6.0×10^{-4}	0.46	0	1	0.03	0.03	120	11.47
136	200	1	10	7.0×10^{-4}	0.40	0	3	0.03	0.001	120	0.0053
137	200	1	10	8.0×10^{-4}	0.35	0	1	0.03	0.03	120	0.0036
138	200	1	10	1.0×10^{-3}	0.28	0	1	0.03	0.03	120	0.0018
139	200	1	10	1.5×10^{-3}	0.19	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
140	200	1	10	3.75×10^{-3}	0.07	0	1	0.03	0.03	120	0.0000
141	200	1	15	2.5×10^{-4}	1.11	0	3	0.03	0.001	120	27.24
142	200	1	15	2.5×10^{-4}	1.11	0.5	3	0.03	0.001	120	27.37
143	200	1	15	1.5×10^{-3}	0.19	0	3	0.03	0.001	120	15.80
144	200	1	15	2.5×10^{-3}	0.11	0	3	0.03	0.001	120	13.74
145	200	1	15	4.0×10^{-3}	0.07	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
146	200	1	15	6.25×10^{-3}	0.04	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
147	200	1	15	1.0×10^{-2}	0.03	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
148	200	1	15	3.0×10^{-2}	0.01	0	3	0.03	0.001	120	0.0000
149	200	1	20	2.5×10^{-4}	1.11	0	3	0.03	0.001	120	37.92

2 References

Sessions, S. L., S. Sugaya, D. J. Raymond, and A. H. Sobel: Multiple equilibria in a cloud resolving model. Submitted to *J. Geophys. Res. – Atmospheres.*