

気候システムⅠ

村上茂教

2020 年度後期

目次

はじめに	v
第1章 気候システムとは？	1
1.1 気候とは？	1
1.2 気候システム	2
1.2.1 大気圏	3
1.2.2 水蒸気と水、氷	4
1.2.3 水圏	4
1.2.4 雪氷圏	4
1.2.5 陸域圏	5
1.2.6 生物圏	5
1.3 気候の定常性と気候変化	5
第2章 地球のエネルギーバランス	7
2.1 放射の一般法則	7
2.2 アルベド	10
2.3 大気吸収スペクトル	11
2.4 地球の放射平衡温度	14
2.5 簡単な放射平衡モデル	14
2.6 放射-対流平衡モデル	16
2.7 観測されたエネルギー収支	17
2.8 大気上端でのエネルギー収支	18
2.9 極向きエネルギーの流れ（エネルギーフラックス）	21
第3章 対流圏の大気大循環とその変動	25
3.1 気候システムの中での大気圏	25
3.2 大気大循環の平均的な姿	25
3.3 大循環の変動（擾乱）成分	33
3.4 大気温度収支と南北熱輸送	35
3.5 角運動量収支と帯状運動量輸送	36
3.6 水循環	44
3.6.1 地表面と大気の水収支	44
3.6.2 大気による水蒸気の子午面輸送	46
3.7 大気南北エネルギー輸送	47
3.8 熱帯大気	51
3.8.1 熱帯の現象と熱帯大気の特徴	51

3.8.2	降水量の水平分布	52
3.8.3	降水がもたらす熱帯の循環 — Matsuno-Gill パターン	55
3.8.4	熱帯季節内変動、特にマッデン・ジュリアン振動	59
3.9	モンスーン気候	60
3.10	砂漠気候	61
3.11	中緯度大気と傾圧不安定波	63
3.12	ブロッキング	64
3.13	テレコネクション	66
3.13.1	テレコネクションの定義と種類	66
3.13.2	北大西洋振動 (NAO) と北極振動 (AO/NAM)	67
3.13.3	太平洋—北アメリカパターン (PNA)	70
3.13.4	南半球環状モード (SAM) または南極振動 (AAO)	71
3.13.5	太平洋—日本パターン (PJ)	73
3.13.6	太平洋数十年変動 (PDO)	74
第 4 章	成層圏・中間圏（中層大気）とオゾン	77
4.1	中層大気の気温と風	77
4.1.1	中層大気の気温の分布	77
4.1.2	中層大気の風の分布	79
4.2	成層圏突然昇温と準 2 年振動	85
4.2.1	成層圏突然昇温	85
4.2.2	準 2 年振動	86
4.3	中層大気力学と波動	88
4.3.1	ロスビー波の鉛直伝搬	88
4.3.2	波動の鉛直伝播と平均流加速	91
4.3.3	臨界高度における平均流加速	94
4.4	中層大気力学による中層大気現象の理解	96
4.4.1	波による熱や運動量の南北輸送と子午面循環	96
4.4.2	間接循環の生じる説明：オイラー平均とラグランジュ平均	98
4.4.3	波による熱や運動量の南北輸送と子午面循環	99
4.4.4	成層圏突然昇温の発生機構	100
4.4.5	ラグランジュ的な見方での突然昇温の発生機構	101
4.4.6	準 2 年振動の発生機構	102
4.5	オゾン	104
4.5.1	オゾンの高度・緯度分布	104
4.5.2	オゾン層の形成	106
4.5.3	オゾン破壊の観測：オゾン層の変動とトレンド	110
4.5.4	オゾン破壊の機構	113
第 5 章	エルニーニョ・南方振動と大気海洋相互作用	115
5.1	海洋の特徴	115
5.2	海水温、塩分と海流	115
5.3	熱帯海洋の特徴	118

5.4	エルニーニョ・南方振動 ENSO, <i>El-Nino Southern Oscillation</i>	120
5.4.1	再充填－放出振動メカニズム	126
5.4.2	ENSO が世界の気候に及ぼす影響	126
5.5	風成循環	129
5.5.1	エクマン境界層とエクマン輸送	129
5.5.2	スベルドラップ平衡とスベルドラップ輸送	131
5.5.3	西岸境界流	133
5.6	熱塩循環	135
第 6 章	気候の歴史	139
6.1	古気候の推定－プロキシデータ	139
6.1.1	プロキシデータの注意点	139
6.1.2	同位体比からの気温の推定	140
6.2	地質学的年代	141
6.3	新生代、特に第四紀の気候の変動	143
6.3.1	氷河時代と氷期間氷期サイクル	143
6.3.2	最終氷期末期	145
6.3.3	完新世の温暖期	145
第 7 章	気候の自然変動の原因と気候の激変	147
7.1	太陽活動と太陽黒点	147
7.2	軌道の変動	147
7.3	大陸移動などの海陸分布の変化	148
7.4	エアロゾル、特に火山活動によるエアロゾル	148
7.5	温室効果ガスの変化	149
7.6	海流、特に熱塩循環	149
7.7	急激な気候変化および気候の激変	150
第 8 章	放射強制力と気候感度	151
8.1	放射強制力	151
8.2	気候感度	152
8.2.1	気候感度（平衡気候感度）	152
8.2.2	過渡気候応答	153
8.3	気候フィードバック	154
8.3.1	気候フィードバック	154
8.3.2	フィードバックパラメーターとフィードバックファクター	155
8.3.3	平衡気候感度の各過程への分解	157
8.3.4	水蒸気と気温減率のフィードバック	158
8.3.5	雲のフィードバック	160
8.3.6	雪氷圏のフィードバック	160
8.3.7	気候感度のまとめ	160

第9章 IPCC（気候変動に関する政府間パネル）	163
9.1 IPCC 評価報告書とは	163