

まえがき 3

## 第1章

## シミュレーションの歴史といま

013

シミュレーションという概念 14

シミュレーション事始め 18

コンピュータの発明 23

数値シミュレーションの発展と日本人の活躍 26

コンピュータの発展と数値シミュレーション 30

## 第2章

## シミュレーションの原理と仕組み

039

身近なシミュレーション 40

気象や気候を表す数式1——状態方程式と運動方程式 43

気象や気候を表す数式2——放射伝達方程式 47

数式をぶつ切りにする 50

## 第3章

## シミュレーションでわかるいまの地球

075

数式をコンピュータに解かせる 54

マサ目で表しきれないもの 58

熱帯域の対流活動 60

そのほかの経験則 65

シミュレーションモデルにつきまとう不正確さ 70

全体の流れ 76

さまざまな観測 77

予報とモデルの種類 85

予報円の見方 87

カオスについて 90

カオスと天気予報 96

アンサンブル予報 98

バタフライ効果 101

## 第4章

## シミュレーションでわかる過去の地球

107

オンザロックか、科学データか

108

同位体でわかる太古の環境

110

ミランコビッチ・サイクルの話

114

その他の要因

118

数値シミュレーションによる古気候研究

120

古気候シミュレーションの入力データ——いまと何が違うのか

122

最終氷期のシミュレーション

124

過去1000年の気候変動シミュレーション

128

古気候研究が投げかける問い

132

## 第5章

## シミュレーションでわかる未来の地球

139

地球温暖化の仕組み

140

温暖化の検出

144

## 第6章

## シミュレーションで挑む極端現象と異常気象

171

温暖化の予測

148

炭素循環のシミュレーション

155

さまざまなフィードバック

161

温暖化予測の不確かさ

165

台風のシミュレーション

172

台風が発生する仕組み

173

台風の予報

175

高解像度モデルの開発

178

台風の発生予測に向けて

183

温暖化と台風

186

異常気象と地球温暖化の関係

191

シミュレーションによる評価

195

イベント・アトリビューションの課題と将来

199

## 第7章

## シミュレーションで読み解くエルニーニョ 205

エルニーニョとは、そもそも 206

地球規模のエルニーニョ 208

エルニーニョ・ラニーニャに伴う天候異常 213

天気予報とエルニーニョ予測 215

エルニーニョ予測の精度 217

予測の障壁・スプリングバリア 220

スプリングバリア vs ゴジラ 222

新しいエルニーニョ 224

将来のエルニーニョ 227

## 第8章

## シミュレーション地球科学の展望 231

地球科学とシミュレーション 232

地震を表す数式 235

緊急地震速報から震源の特定まで	236
地震の科学的理解に向けて	239
地震の予知	243
シミュレーション地球科学	245
解像度の向上	248
データ同化手法の高度化とアンサンブル予報の拡充	250
地震 連成シミュレーション	251
人と地球と宇宙のシミュレーション	254
あとがき	259
さくいん	262