

都市気候の将来予測シミュレーション Future Prediction of Urban Climate with Numerical Simulation

大岡龍三, 東京大学生産技術研究所
Ryozo Ooka, The University of Tokyo

1. はじめに

近年、世界的な気候変動が注目されている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)が、地球温暖化に関する最新の知見を集め 2007 年に第 4 次報告書を公表した。その中では、気候システムの温暖化の存在を断定し、20 世紀における世界平均気温の上昇率は 100 年間に 0.6°Cであったと言う。さらに、将来の気温上昇は、温室効果ガス排出量の将来シナリオによって異なるが、21 世紀末までの 100 年間で 1.4°Cから最大で 4.0°Cと予想している。一方、都市特有の気候変化も注目され、都市域の拡大や高密度化で都市温暖化現象が生じている。特に、世界有数の都市規模を誇る東京においては、過去 100 年間に 3.3°C平均気温が上昇(気象庁, 気候変動監視レポート 2010) し、地球温暖化や他の大都市の温暖化のペースを凌ぐ勢いである。

建築分野においては、居住者の快適性の向上に加え、温室効果ガス排出量の削減や電力供給不足への対応から、建築物の省エネルギー化が強く求められている。また昨今では、Life Cycle Assessment の観点から、建築物の長寿命化も提唱されている。省エネルギーかつ快適な建築環境を実現するには、地域気候に即した建築計画が重要であり、建築の長寿命化に伴って、今後の加速する気候変動に対応した建築性能の評価も必要となる。

気候変動への対応には、Mitigation (軽減)対策と Adaptation (適応)対策がある。しかし、IPCC の報告にもあるように軽減対策を進めたとしてもある程度気候変動の進行は避けられない。今後は適応対策が重要となることは間違いなく、その際、建築分野で不可欠な将来の標準気象データ整備する必要がある。

建築物の省エネルギー性能や環境性能を評価するため、建築分野では標準気象データを整備している。標準気象データとは、地域の代表的気象条件として、過去 20 年間の気象データから抽出された気象要素の平均的な 1 年間の時別値・日別値であり、全国の代表的な都市 (800 点以上) において整備されている。本研究では、大気循環モデル(GCM, Global Circulation Model)による解析結果を活用し、領域気象モデル(RCM, Regional Climate Model)を用いた数値解析によって、関東地方の近未来(2025~35 年)の気候予測を行う。都市構造変化の将来シナリオから都市温暖化の影響も考慮する。その解析結果から将来の標準気象データを作成し、気候変動を考慮した建築物の長期的な環境性能の評価を試みる。

2. GCM と RCM を用いた標準気象データ作成法

2. 1 GCM 解析データを用いた気候変動量の抽出

GCMの一つに、東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターが共同して開発してきた大気海洋結合気候モデルMIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate)がある。特にMIROC4では、GCMとしては極めて高い精度、解像度（大気 60km メッシュ、海洋 20km メッシュ）で2035年までの近未来予測が行われている。しかしながら、気象現象がもつ非線形性によって、GCMの予測値は初期値や物理スキームによって大きく変動する。したがって、複数の解析結果のアンサンブル平均や時間方向の平均化によってこれらの変動を取り除き、現在と将来(2030年代)の平均的な気候変動量を抽出する。解析データは、東京大学大気海洋研究所の木本昌秀研究室のデータベースより提供を受ける。

2. 2 領域気象モデルMM5を用いた将来の局所気候予測

MIROC4による解析では、水平方向に60km程度のサイズの解析格子が用いられている。したがって、全国の数百以上の地点で整備され、より局所的な気候条件を反映している標準気象データの作成には解像度が不十分である。そこで、米国NCAR (National Center for Atmospheric Research)によって開発された領域気象モデルMM5 (5th Generation The PSU/NCAR Mesoscale Model)を用い、力学的なダウンスケーリングによって関東地方を主対象とした高解像度な気象予測を行う。格子解像度としては2km程度のサイズを予定している。

3. 解析事例

3. 1. GCMデータから切り出した気象要素の概要

・MIROC4hの解析結果のファイル形式はGtool version3（日本独自の形式）だが、これをGRIB version1形式に変換した。GCMデータから切り出した気象要素の概要を表1に示す。領域図を図1に示す。

4. 表1 GCMデータから切り出したデータ諸元

項目		内容
データフォーマット、バイト配置方式		GRIB1、Big endian
データサイズ		1年間分で5Gバイト
領域	緯度	北緯 28.6875°～北緯 39.4375°
	経度	東経 139.4375° ～180° ～西経 169.875°
データ間隔	緯度、経度	0.5625°
	時間	6時間
気象要素	ジオポテンシャル高度	17層の気圧面 ^{*1}
	気温	17層の気圧面 ^{*1} 、表面（地上2m） ^{*2}
	比湿	17層の気圧面 ^{*1} 、表面（地上2m） ^{*2}
	風速 U,V	17層の気圧面 ^{*1} 、表面（地上10m） ^{*2}
	海面更正気圧	表面
	表面温度	表面 ^{*2}
	海面温度	表面 ^{*3} （図1に例示）

- ※1 1000,950,900,850,700,500,400,300,250,200,150,100,70,50,,30,20,10 単位は[hPa]
- ※2 近未来予測実験用のみ GRIB1 に変換した。過去再現実験用には変換していない。
- ※3 GCM では陸上は欠損扱いだが、本データでは便宜的に沿岸の海面温度を内挿した。

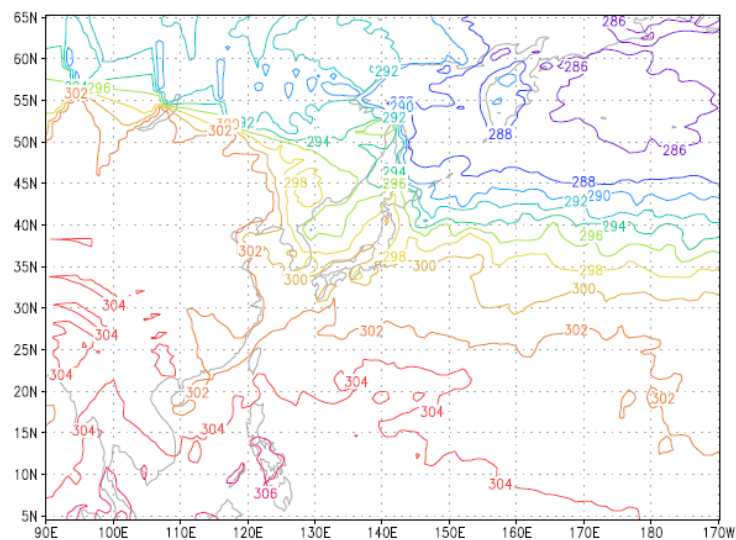


図1 GCMから切り出した領域（コンタは海面温度の例：2035年7月30日21JST）

3. 2 領域モデル MM5 による解析結果

(1) 過去再現実験の概要

解析精度の確認のため過去の観測データを再現できるかどうかを確認した。GCM による 30 年積分結果 (1981 年~2010 年) を初期値に用い、MM5 による力学的ダウンスケーリングを行った。検討対象は 6 年 (1993、1994、1995、2008、2009、2010) の 8 月とし、各年の 7 月 31 日 21 時 JST を初期値として 8 月 31 日 21 時 JST まで計算した。

(2) 近未来予測実験の概要

次に近未来予測の解析を行う。GCM による 30 年積分 (2006 年~2035 年) から、2035 年の 1 年間を対象とした。1 ヶ月単位で計算した。初期値は前月最終 2 日目 21 時 JST とし、当該月最終日 21 時 JST まで計算した。(例えば 8 月の計算は 7 月 30 日 21 時 JST~8 月 31 日 21 時 JST)

(3) MM5 の設定

解析に利用した MM5 の概要を表 2 に、計算領域を図 2 に示す。計算領域は 2052km × 2052km であり、4 領域による 2way 計算を実施した。

表 2 領域モデル MM5 の諸元

項目	諸元
水平格子間隔	54km, 18km, 6km, 2km
時間刻み (デフォルト設定)	162 秒, 54 秒, 18 秒, 6 秒
積雲パラメタリゼーション	第 1,2 領域 : Grell、 第 3,4 領域 : 未使用
惑星境界層スキーム	MRF スキーム
水相変化	Goddard 微物理モデル
放射スキーム	雲放射を考慮
地表面スキーム	土壌 5 層モデル

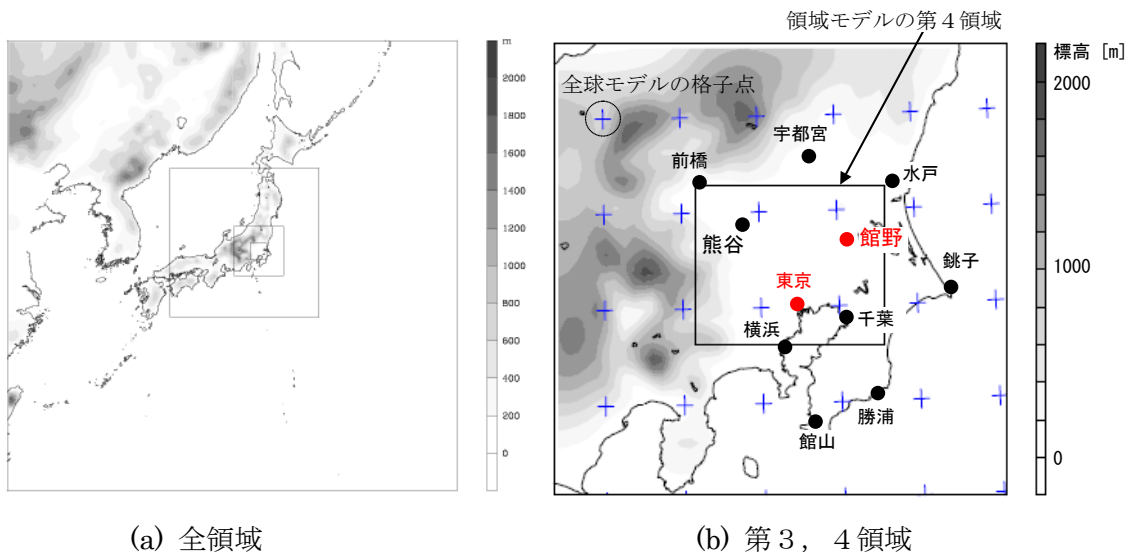
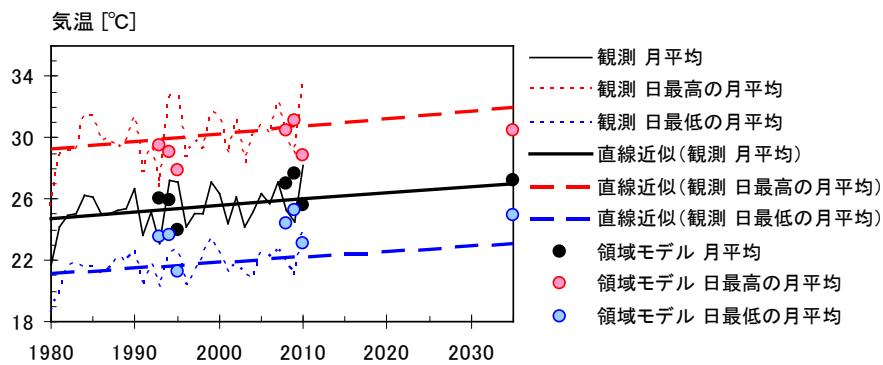


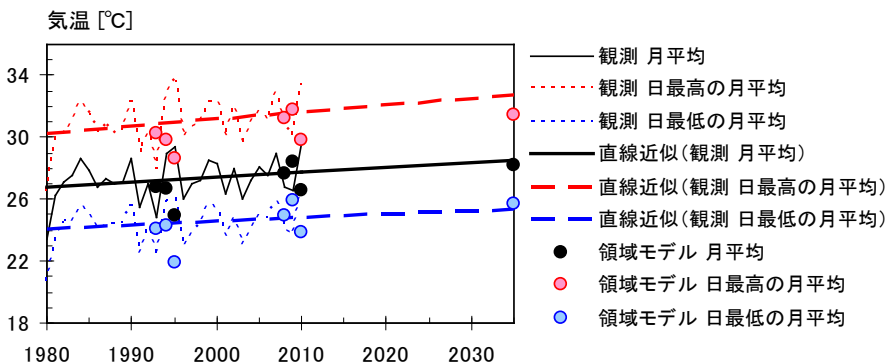
図 2 領域モデル (MM5) の計算領域

(4) 領域モデルによる計算結果 (館野、東京、8月)

図3～6に30年間(1980年～2010年)の気温、相対湿度、降雨量、水平面全天日射量の計算結果と観測値の比較を示す。観測記録は観測期間30年(1980年～2010年)の8月の気象要素を整理し図示した。領域モデルの結果は過去再現実験(1993,1994,1995,2008,2009,2010)および近未来予測実験(2035年)について、8月の気象要素を整理した。近似直線は観測期間(30年)の前半10年平均値と後半10年平均値から勾配を求め、観測期間の中央で30年平均値を通るように定めた。また、2010年以降については単純に直線を延ばして外挿した。気温について見ると、領域モデルの結果は月平均値では観測記録と良く整合する。日最低値は東京では観測記録を良く再現しているが、館野では観測に比べて高い。日最大値は両地点ともに観測記録に比べてやや低い。相対湿度は両地点ともに観測記録と比べて領域モデルが大きい。降雨量は観測記録に比べて領域モデルは年毎の変動の幅が小さく、ピーク値が小さい。水平全天日射量については、領域モデルは観測記録に比べると大きい。

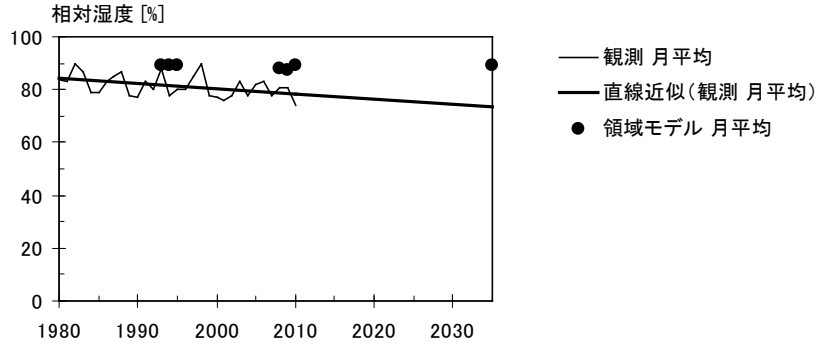


(1) 気温 (館野、地上2m)

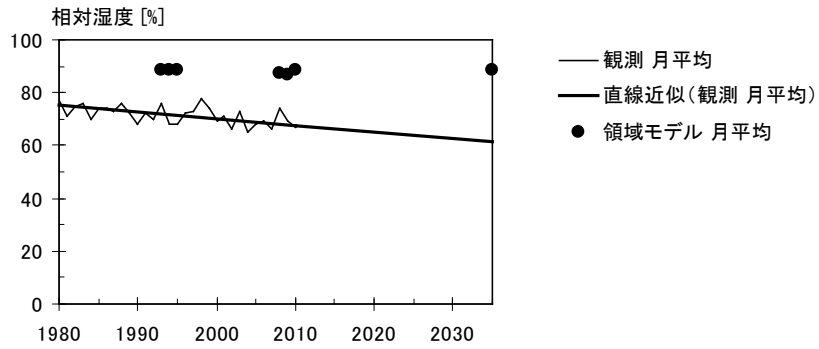


(2) 気温 (東京、地上2m)

図3 8月の気象要素の長期変動 (気温)

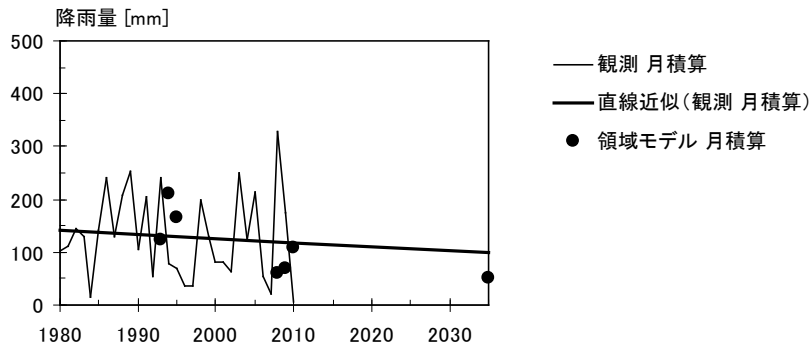


(1) 相対湿度 (館野、地上 2m)

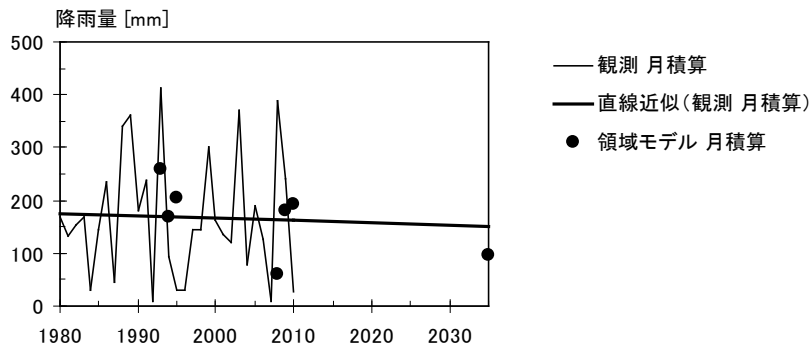


(2) 相対湿度 (東京、地上 2m)

図 4 8月の気象要素の長期変動 (相対湿度)

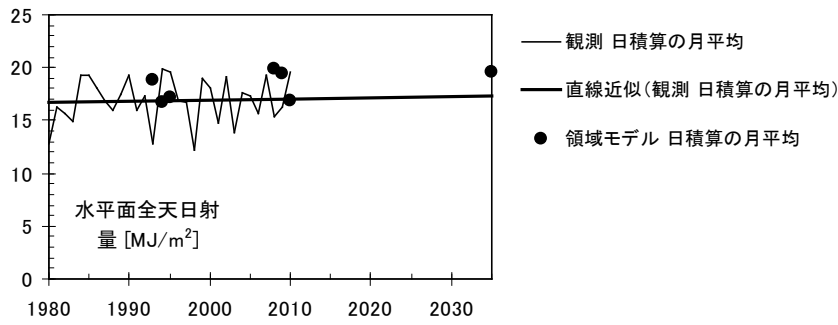


(1) 月積算降雨量 (館野)

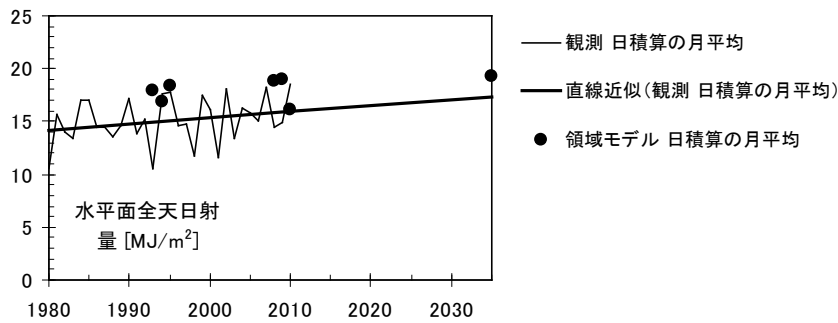


(2) 月積算降雨量 (東京)

図 5 8月の気象要素の長期変動 (降雨量)



(1) 水平面全天日射量 (館野)

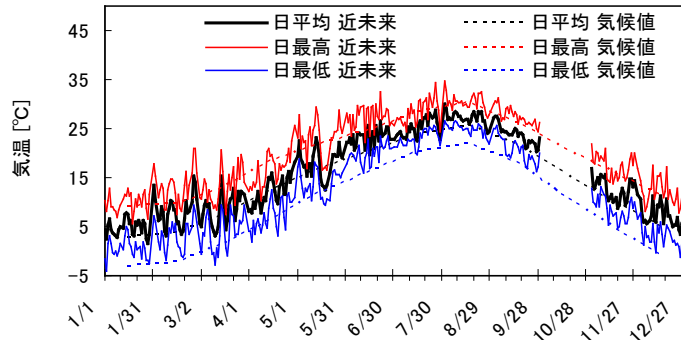


(2) 水平面全天日射量 (東京)

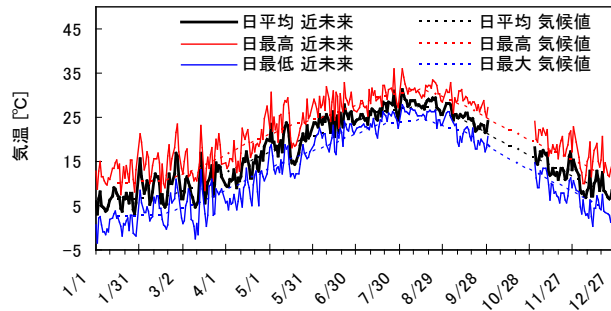
図6 8月の気象要素の長期変動 (水平面全天日射量)

(5) 領域モデルによる計算結果 (館野、東京、近未来 2035 年)

図7～10に2035年の気温、相対湿度、降雨量、水平面全天日射量の領域モデル計算結果と1980～2010年の気候値の比較を示す。領域モデルの結果は近未来予測実験(203年)について、日別の統計値を図示した。領域モデルでは10月の計算の途中で発散したため図示していない。観測記録は観測期間30年の気候値(1980年～2010年の月別の統計値)を図示した。気温について見ると、領域モデルによる近未来予測実験結果は、両地点ともに冬季に比べて夏季において、日変動が小さい。相対湿度について見ると、領域モデルによる近未来予測実験結果は、年間を通じて相対湿度80%以上であり季節変動がほとんど無い。降雨量は、領域モデルによる近未来予測実験結果では両地点ともに暖候期(3月～8月)に降雨量が多いが、9月10月の降雨量が少ない。

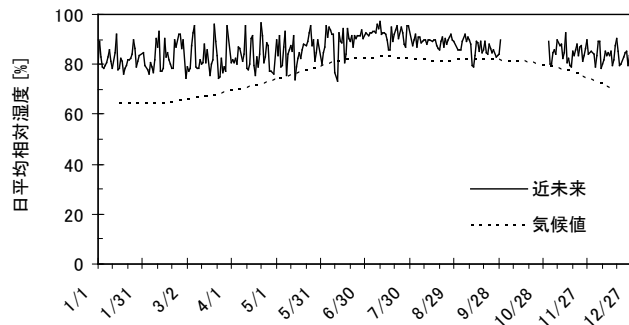


(1) 気温 (館野、2m)

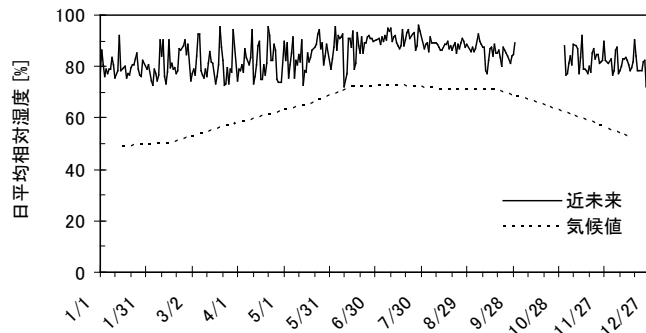


(2) 気温 (東京、2m)

図7 気温の比較

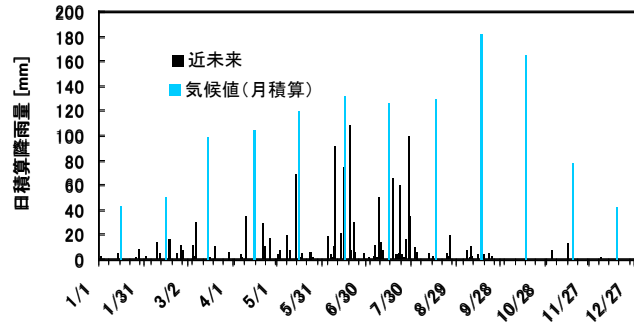


(1) 日平均相対湿度 (館野、2m)

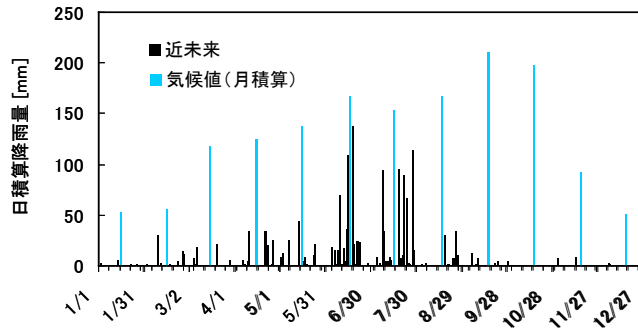


(2) 日平均相対湿度 (東京、2m)

図8 日平均相対湿度の比較

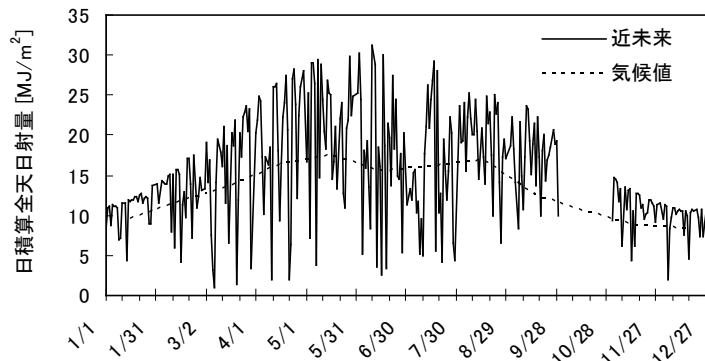


(1) 日積算降雨量 (館野)

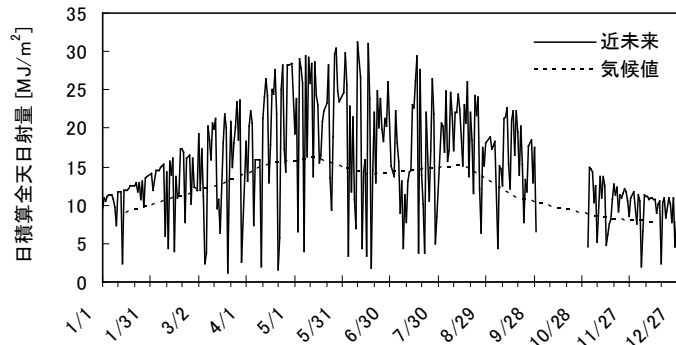


(2) 日積算降雨量 (東京)

図9 日積算降雨量の比較



(1) 日積算全天日射量 (館野)



(2) 日積算全天日射量 (東京)

図10 日積算降雨量の比較

4. まとめ

- ・将来の都市気候予測の必要性について論じ、GCMを活用したその解析方法について述べた。
- ・過去の再現実験を行い、その予測精度の確認を行った。
- ・2035年の都市気候予測を行い、その特徴を確認した。
- ・今後は更に予測精度の向上を図るとともに、将来に渡る気候変動が建物熱負荷に及ぼす影響について確認する。