

平成21年 6月 1日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18760436

研究課題名（和文） 建築環境シミュレーションのための毎分標準年気象データの開発

研究課題名（英文） Development of reference weather year of the 1 minute interval for building environment simulation

研究代表者

曾我 和弘（SOGA KAZUHIRO）

鹿児島大学・工学部・准教授

研究者番号：00336322

研究成果の概要：建物内部の温熱環境、空気環境、光環境やこれらの環境調整に要するエネルギー消費等の短時間変化のシミュレーションを可能にするために、平均的な標準年気象データとして、1分間隔データの開発とデータの応用性を高める方法を検討した。主に気象庁1分気象観測値データベースの構築、気温、湿度、降水量の1分値補間法、波長別日射量の1分値推定法の開発や気候変化の影響を考慮した標準年気象データの試作を行い、今後の標準年気象データの進展に繋がる成果を得ることができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2004年度			
2005年度			
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,400,000	270,000	3,670,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 建築環境・設備

キーワード：標準年気象データ,1分値,補間,波長別日射量,温暖化,将来変化,空調熱負荷

1. 研究開始当初の背景

建物の空調消費エネルギーをはじめ、室内の熱・空気・光環境や設備システムの挙動をシミュレートする様々なプログラムが開発されてきた。また、プログラム実行には、建物の立地点付近の気象データが必要なため、平均的な1年間の毎時気象データとして、全国842地点の標準年気象データが整備されている。しかし、これらの標準年気象データは、全て1時間間隔のデータであるから、それより短い時間刻みで、詳細にシミュレーションを実行しようとしても、合理的な計算ができないのが実情である。シミュレーションの目

的によっては、短時間刻みの計算が必須となり、既往の毎時標準年気象データだけでは、十分に目的を達成できない事態が生じている。また、シミュレーション技術の進歩により、細密なシミュレーションに対するユーザの要望も増えている。このような事態や要望に対応するには、様々な時間刻みのシミュレーションに柔軟に応用できる短時間刻みの標準年気象データを開発する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、詳細な建築環境シミュレーションに不可欠な、短時間刻みの標準年気象デ

ータを開発し、さらに毎分標準年気象データの汎用性を高めるために波長別日射量の補充法や気候変化を考慮した標準年気象データの作成法を検討する。

3. 研究の方法

毎分標準年気象データの開発方法として、(1)約150地点の気象官署の1分間気象観測値をデータソースに用いて、平均月を選択して標準年気象データを開発する方法

(2)約840地点のアメダスの10分間気象観測値をデータソースに用いて、平均月を選択して標準年気象データを開発する方法

(3)約840地点の既往の1時間間隔の標準年気象データからモデルにより短時間データを補充する方法

の3つの方法が考えられる。本研究の全体構想としては、これら3つの手法に基づいて、全国の約840地点を対象に、1分間隔と10分間隔の標準年気象データを整備することを試みる。

4. 研究成果

(1)気象庁1分間気象観測値データベースの構築

1996~2005年における約50の気象官署の1分間気象観測データを入手し、標準年気象データのデータソースとして利用可能なデータフォーマットへ変換して、データベース化した。

(2)気温・湿度の1分値補充法の検討

1時間間隔の気温、湿度を直線補間、スプライン補間、Lagrange補間して1分値を造成した場合の信頼性を検討した。検討には、2000年1月1日~12月31日の館野高層気象台における毎分気象観測データを使用した。

1時間間隔の気温観測値から直線補間、Lagrange補間、および3次スプライン補間によって1分補間値を算出したところ、補間値に大差は認められなかった。これらの補間法によるRMSEは0.33°C程度であった。

同様に相対湿度の1時間観測値から直線補間、Lagrange補間、および3次スプライン補間によって1分補間値を算出したところ、補間値に大差は認められなかった。これらの補間法によるRMSEは1.73%程度であった。

このように気温、相対湿度の1分補間において、3つの補間法の差はわずかで、実用上は簡易な直線補間法により1分値を造成することが可能であると判断した。ただし、図1のように急激な天候変化に伴って、気温や湿度に急激な変化が生じた場合は、何れの補間法もやや誤差が大きくなる。このような場合、気温の補間に関しては、アメダスの10分観測値を利用することができるので、10分観測値を内挿することにより直線補間の誤差は改善されるものと考えられる。

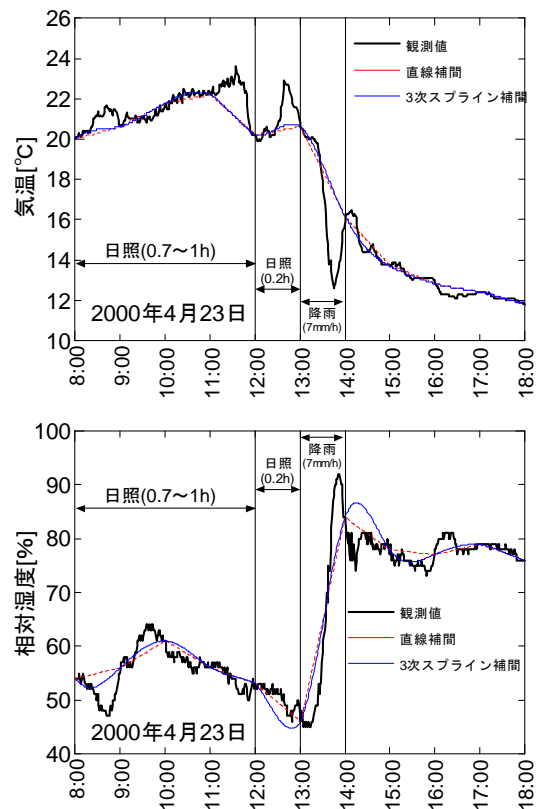


図1 毎分補間値と観測値の時系列比較例 (館野高層気象台、2000年)

(3)1分間降水量の補充法の開発

近年、突発的な豪雨の発生頻度が増加傾向にあり、都市型洪水などの防災対策を検討する必要性が増している。また、資源の有効利用の観点から建築物の中水として、雨水の有効利用を図ることが求められている。これらの検討には短時間刻みの降雨データが重要な情報となるため、既存の降雨観測値から短時間刻みの降雨データを補充する方法を検討した。

1分間降水量の補充方法としては、データソースの整備状況を考慮して、次の方法を考えた。まず、気象官署の地点では、1996年以降、地上気象観測連続値(1分値)資料が整備されている場合がある。その場合は、地上気象観測連続値(1分値)資料をデータソースに用いて1分値を補充できる。アメダス地点においては、1分値は未整備であるが、1995年以降、10分間観測値が整備されている。そこで、1995年以降に関しては、拡張アメダス気象データに10分間降水量の観測値を補充し、この10分値に基づいて1分間降水量を推定する方法が考えられる。1994年以前に関しては、10分間降水量が整備されていないため、特別降水量に基づいて10分間降水量を推定し、さらに10分間降水量の推定値に基づいて1分間降水量を推定しなければならない。したがって、1分間降水量を補充す

るには、時別降水量から 10 分間降水量を推定する方法と 10 分間降水量から 1 分間降水量を推定する 2 つの方法が必要になる。

そこで、当該 1 時間あるいは 10 分間の降雨回数の出現頻度と、前後の降雨継続時間や降雨強度との統計的な関係をデータベース化して、前後の降雨継続時間と降雨強度から最も出現頻度が高いと予想される降雨回数を推定する方法を開発した。さらに当該時刻の積算降水量を降雨回数で除して 1 分間降水量を算定し、平均的な 1 分間降水量を補充することを可能とした。ただし、この方法による 1 分降雨の補充値には、降雨強度がランダムに変化する点が考慮されていないため、今後の検討課題としたい。

(4) 1 分降水量の欠測補充

2006 年の東京を対象として、降水量の欠測補充処理を行った。欠測状況を確認したところ、400 件の欠測が検出された。1 分降水量が欠測となっている時間帯について、10 分降水量と時別降水量を確認したところ、正常な観測値が収録されていることが判明した。そこで、10 分降水量と時別降水量に基づいて 1 分値の欠測補充を行った。

(5) 1 分間波長別日射量の推定法の検討

日射量は時間変動の激しい気象要素であり、日射の熱・光としての効果を詳細に検討するには短時間データが必須である。また、日射の波長選択性のあるガラスや塗料などの評価には日射の波長特性を考慮しなければならない。そこで、毎分の波長別日射量を標準年データに補充する方法を開発することで、毎分標準年気象データの応用性を高めることを着想した。

本研究では、毎分標準年気象データの全天日射量に基づいて、任意の天候状態における波長別の全天日射量、天空日射量、赤外域日射量、光合成有効放射量を推定するモデルを開発し、データの応用範囲を高めることを試みた。

波長別全天日射量の推定モデルの構築に際して、天候状態を表す晴天指数、太陽光の大気通過距離を表すエアマスさらに、大気中の水蒸気量を表す可降水量の 3 つの指標を波長別日射量の変動を説明する指標として採用した。

波長別全天日射量の推定に関しては、波長積分全天日射量に対する波長別日射量の比率を晴天指数、エアマス、可降水量の条件別に分類し、平均的な比率を数表モデルとして整理した。それにより、任意の天候状態における波長積分全天日射量に数表モデルの比率を乗じることで、波長別日射量を推定可能とした。

波長別天空日射量の推定に関しては、波長別大気外日射に対する地上の波長別天空日射量の比率を大気外日射の波長積分値に対

する水平面天空日射量の波長積分値の比率から推定する回帰モデルを構築した。また、可降水量を用いて、水蒸気による天空日射減衰を考慮する係数を提案した。モデルの有効性を検討するために、波長別全天日射量から日射直散分離モデルを用いて天空成分を算定する方法との比較を行った。その結果、日射直散分離モデルは全天日射量に対する天空日射量の比率を波長によらず一定値として算定するため、水蒸気による日射吸収波長帯域において日射減衰を十分に再現できず、計算誤差が大きくなる傾向があった。それに対して、本モデルでは水蒸気による日射減衰をよく再現しており、モデルの有効性を確認することができた。

本研究で対象とした赤外域日射量とは波長域が $1.06\sim 3\mu\text{m}$ の積分値であり、熱的効果を有する波長成分である。この波長範囲の赤外域日射量を直接観測できる日射計は存在しないので、本研究では、水平面全天日射量から波長別全天日射量 ($0.35\sim 1.05\mu\text{m}$) と紫外線 (UVA, UVB) の観測値を差し引いて、赤外域日射量を抽出して求めた。さらに、波長積分された水平面全天日射量に対する赤外域日射量の比率を晴天指数と可降水量から推定する重回帰式を作成した。

(6) 標準年気象データの気候変化の影響

本研究で開発を試みる毎分標準年気象データは、2000 年代の気象データソースを含んでおり、国内で最初に開発された標準年気象データとは、年代が 40 年程度異なる場合もある。近年の気候変化を考えると、データソースの年代の違いがオフィスビルの室内環境や空調熱負荷等のシミュレーション結果に影響を及ぼすことが考えられるため、データソースの年代の異なる既存の 3 種類の標準年気象データを用いて、気候変化が標準年気象データやシミュレーション結果に及ぼす影響を検討した。その結果、データソースの年代が新しいほど気温上昇による温暖化の影響を受けて暖房負荷が減少し、冷房負荷は増加する傾向が確認された。このことから、標準年気象データを開発する場合や建築環境シミュレーションを実施する場合は、現実に即したシミュレーション結果を得るために、出来るだけ最近の気象データを利用することが望ましいと判断した。

(7) 地球温暖化を考慮した将来の標準年気象データの検討

研究成果 (6) において、標準年気象データのデータソースの年代が異なると、温暖化などの気候変化の影響で空調熱負荷に相違が見られることが明らかになった。また、IPCC によれば、100 年後には地球の平均気温が約 $1.8\sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 上昇することが予測されており、今後建設される建築物は、そのライフサイクルにおいて、このような気候変化に直面する

可能性は高い。

以上を踏まえると、現在における気象データベースの整備を継続することは重要であるが、今後は将来の気候変化を考慮に入れた新たな標準年気象データについてもデータ整備を進めていく必要があると考えられる。将来にわたる建築環境シミュレーションを可能にすることが出来れば、建築分野の環境対策の検討に大きな波及効果が期待される。そのため、本研究の毎分データを含めた標準年気象データの整備に際しては、将来の気候変化を考慮したデータ整備に着手する必要性が高いと考えた。

将来の気候変化を考慮した標準年気象データの基本的な作成方法として、1981～2000年の過去のEA気象データと気象研究所による将来の地球温暖化予測情報を合成することで、気温、湿度、夜間放射量の将来変化を考慮に入れた、2030～2050年と2081～2100年に相当する将来気象データを作成する方法を着想した。このデータ合成法により、全国842地点を対象として、1981～2000年のEA気象データに対する50年将来気象データ(2031～2051年)と100年将来気象データ(2081～2100年)を試作し、月平均の気温、絶対湿度、夜間放射量および雲量の将来変化量を算出して、その842地点の平均値と標準偏差を調べた。

月平均気温の50年変化と100年変化はともに上昇傾向が見られた。気温上昇には季節変化があり、冬季・中間季に大きく、夏季に小さい。50年変化量の平均は $0.5^{\circ}\text{C}\sim 3.0^{\circ}\text{C}$ 、100年変化量の平均は $1.4^{\circ}\text{C}\sim 3.4^{\circ}\text{C}$ であり、現在から50年将来までの気温上昇に対して、50年将来から100年将来までの気温上昇は小さいことが分かった。

月平均絶対湿度の50年変化の平均は $0.7\sim 2.2\text{g}/\text{kg}$ 、100年変化の平均は $0.7\sim 2.0\text{g}/\text{kg}$ の上昇が見られ、5～10月の上昇が大きく、50年変化量と100年変化量に大差は見られなかった。

月平均夜間放射量の将来変化は、湿度と雲量が上昇傾向にある5～10月に減少し、気温上昇の大きい12～4月に増加傾向が見られた。

以上の将来変化を考慮に入れて試作した将来気象データを用いて、6都市(札幌、盛岡、仙台、東京、鹿児島、那覇)を対象にオフィスの年間空調熱負荷計算を試みた。その結果、将来における冷房負荷の増加、暖房負荷の減少、年間空調熱負荷の増加を定量的に算定することが出来た。50年将来と100年将来の空調熱負荷の変化量を比較すると、現在から50年将来までに生じる変化量が、50年将来から100年将来までに生じる変化量よりも大きく、将来気象データの気温上昇の傾向と一致していた。また、空調熱負荷の増減には地域差、季節差があり、季節差にも将

来気象データの気温上昇と同様の傾向が確認された。

今後の課題として、気温、湿度、夜間放射量の将来変化のみならず、日射量や風速についても将来変化を考慮したデータを構築していく必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

①曾我和弘、赤坂裕：標準年気象データの作成法に関する研究 3種類の標準年気象データから計算された空調熱負荷の相違、日本建築学会環境系論文集、第613号、pp.27-33、2007年(査読有)

〔学会発表〕(計 11件)

①曾我和弘、窪田真樹、地球温暖化の影響を考慮した将来気象データに関する研究その1 地球温暖化予測情報を利用した将来気象データの作成、日本建築学会九州支部研究発表会 環境工学部門 48号、2009年3月8日(査読無)

②窪田真樹、曾我和弘、地球温暖化の影響を考慮した将来気象データに関する研究その2 100年後の将来気象データに基づく空調熱負荷計算、日本建築学会九州支部研究発表会 環境工学部門 48号、2009年3月8日(査読無)

③児島輝樹、曾我和弘、波長別日射量の推定法に関する基礎的研究その6 任意の天候状態における天空日射量に基づく波長別天空日射量の推定法、日本建築学会九州支部研究発表会 環境工学部門 48号、2009年3月8日(査読無)

④窪田真樹、曾我和弘：近赤外域日射量の推定法に関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp.41-42、2008年9月20日(査読無)

⑤黒澤良太、曾我和弘：光合成有効放射量の推定法に関する基礎的研究、日本建築学会九州支部研究発表会 環境工学部門、47号-2、pp.177-180、2008年3月2日(査読無)

⑥窪田真樹、曾我和弘：赤外域日射量の推定法に関する基礎的研究、日本建築学会九州支部研究発表会 環境工学部門、47号-2、pp.173-176、2008年3月2日(査読無)

⑦児島輝樹、曾我和弘、藤園武史：波長別日射量の推定法に関する基礎的研究その5 波長別天空日射量の推定にエアマスが与える影響の検討、日本建築学会九州支部研究発表会 環境工学部門、47号-2、pp.169-172、2008年3月2日(査読無)

⑧山際賢一、曾我和弘、藤園武史：波長別日射量の推定法に関する基礎的研究その4 晴天

指数・エアマス・可降水量を考慮した波長別
全天日射量の推定法、日本建築学会九州支部
研究発表会 環境工学部門, 47 号-2,
pp.165-168、2008年3月2日(査読無)

⑨曾我和弘,藤園武史:波長別日射量の推定法
に関する基礎的研究 その3 晴天指数とエ
アマスを考慮した波長別全天日射量の推定
法、日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2,
pp.231-232、2007年8月31日(査読無)

⑩藤園武史, 曾我和弘:波長別日射量の推定
法に関する基礎的研究 その2 晴天指数と
エアマスを考慮した波長別の全天日射量と
天空日射量の推定法の検討、日本建築学会九
州支部研究発表会 環境工学部門, 46 号-2,
pp.325-328、2007年3月4日(査読無)

⑪藤園武史, 曾我和弘:波長別日射量の推定
法に関する基礎的研究 その1 水平面全天
日射量に基づく波長別日射量の推定方法、日
本建築学会大会学術講演梗概集, D-2,
pp.273-274、2006年9月7日(査読無)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

曾我 和弘 (SOGA KAZUHIRO)
鹿児島大学・工学部・准教授
研究者番号: 00336322

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者