

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06328

研究課題名(和文) 地域気候特性に応じた生活季節の期日推定に関する研究

研究課題名(英文) Study on geographical distribution estimation of phenological date of human behaviors according to local climates in Japan

研究代表者

長野 和雄 (Nagano, Kazuo)

京都府立大学・生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：90322297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：衣替えや冷房の使用のような生活上の季節現象を生活季節という。本研究の目的は、桜の開花時期を示す桜前線のように、衣替えの時期や冷房開始時期などを気象条件から予測し衣替え前線や空調開始前線として示すことである。京都市域の住民に対し、毎日の21行為の有無をウェブアンケートにより1年間尋ねた。同期間に、京都で総合気象観測を行い体感温度ETV0を算出した。これらから体感温度と各行為の関係を数量化し、これを全国836地点の気象データに適用し、各地における各行為の開始・終了時期を推定した。そして推定期日の分布を線図として表した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to derive the contour maps the lines of which indicate the same dates for starting and ending the human seasonal behaviors. The web-based questionnaire in which respondents in Kyoto were asked to respond if they did the 21 behaviors each day of the week, was repeated every Sunday for a year. The outdoor temperature, humidity, wind velocity, and shortwave and longwave radiation were observed in Kyoto during the questionnaire periods, and the thermal comfort index ETV0 was calculated based on these meteorological data. Using the regression equations from the scatter plots of the percentage of the behaviors versus the daily mean ETV0, the behavior's first/last dates at the 836 observatories were estimated, and then the contour maps of the first/last dates were drawn.

研究分野：建築都市環境学

キーワード：生活季節 前線 ウェブアンケート 総合気象観測 体感温度

1. 研究開始当初の背景

桜の開花やツバメの去来など動植物に見られる季節現象を生物季節というのに対し、制服の衣替えや空調機器の使用のような生活上の季節現象を生活季節という。かつては気象庁で夏・冬の服装、蚊帳、火鉢、炬燵、手袋などの生活季節の観測が1963年まで行われていた。しかし半世紀以上を経た現在、温暖化の状況も大きく異なっていると推察される上に、蚊帳や火鉢などはあまり使われなくなった。逆に今では一般的になった空調機器については観測されていない。

2. 研究の目的

本研究は、現代生活における生活季節に着目し、京都市域の住民に対し、その行為がいつ始まり終わるのか、毎日の状況を1年間継続して尋ねる。同時に気象観測を行い、気象条件から算出した総合体感温度と各行為の実施率との数量的関係を明らかにする。そして、その関係を全国836地点の気象データに当てはめて、各地の初日・終日を推定し各生活季節の等日線図すなわち生活季節前線を示すことである。

3. 研究の方法

3.1 アンケート調査

2015年7月13日～2016年12月4日にウェブ調査会社(Fastask)を通じて、京都市および周辺の6市町に在住の男女各111～112名・計222～223名を対象に、アンケートを実施した。2設問からなり、問1は表1に示す生活行為の有無を2択で、問2は外出時(厚着・薄着の程度)の服装を図1のイラストから選択してもらった。毎日の回答を得るため、アンケートを毎週実施し、各回につ

表1 質問した生活行為

夏季の生活行為	冬季の生活行為
エアコン(冷房)を使った	エアコン(暖房)を使った
扇風機を使った	床暖房・ホットカーペットを使った
うちわ・扇子等であおいだ	ストーブ・ファンヒーターを使った
暑さを凌ぐために窓を開けた	こたつを使った
日焼け止めを塗った	ひざ掛けを使った
制汗剤を使った	カイロを使った
日傘を使った	高機能防寒下着(ヒートテック等)を着た
帽子を被った	鍋物を食べた
アイスなどの冷菓を食べた	マフラーをした
冷飲料を飲んだ	手袋をした
	帽子を被った

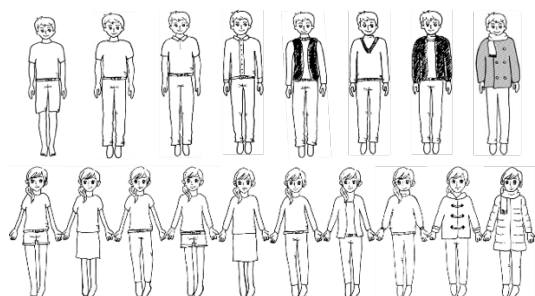


図1 外出時の服装パターン

き直前の7日間について尋ねた。

3.2 総合気象観測

京都府立大学下鴨キャンパス5号館の屋上に総合気象装置(EKO WS500)・長短波放射計(EKO MR-50)を設置し、10分間隔で、気温・相対湿度・気圧・風速・風向・日射量・長短波放射量を、アンケート調査と同一期間に測定した。欠測した場合に備え、2015年9月3日以後は予備として別の総合気象装置(VAISALA WXT510)も設置し観測した。2015年9月2日以前に欠測した場合、気温については欠測した前後1ヶ月での京都地方気象台の観測値と総合気象装置の実測値の相関をとり、算出した。湿度については気象台のデータをそのまま、平均風速については高さ補正を行った上で代用した。2つの総合気象装置の設置後は2つが概ね同じ値を示したため、欠測した場合はすべて予備の総合気象装置の観測値を採用した。

3.3 ETVOの算出

生活季節は暑さ寒さに基づく人間の行動の結果生じると考えられる。そのため、暑さ寒さに影響する気温以外の気候要素も考慮した体感指標を用いて、アンケート結果との関係を検討する必要がある。本研究では体感指標として屋外修正有効温度ETVOを採用した。

他の気象要素に比べ日射の体感への寄与は大きく、その評価精度が体感指標の妥当性を左右する。そこでサーマルマネキンを日射環境下に曝し、正味の日射受熱量を評価した。その結果、熱収支式に基づいた受熱量よりも、実際には7割弱しか受熱していないことを明らかにした。加えて、これまでの熱収支式の場合、日射は着衣表面で吸収され、環境側へのみ再放出されるものとして扱われる。しかし本来、ガラスの日射取得率の場合と同様に、環境側と人体側の両面から再放出されると考えられる。吸収された熱量の一部が人体側に放出されると仮定すると、正味の受熱量は7割弱よりもさらに小さくなった。そこで本研究では、人体への到達日射量の5割が吸収されるものとして、ETVOを算出した。着衣量・代謝量については、気象条件のみの影響を捉えるため、男女とも0.6 clo、2.0 metで統一した。皮膚温・ぬれ率はTwo-node-modelにより推定した。

3.4 %ETVOの算出

各生活季節の初日、終日におけるETVOを次の手順で算出した。初めに、各生活季節のアンケート調査より得た実施率(1年通じて実施する人とししない人を含む。以降、原実施率と称す)を、季節の変化に伴う行為の増減に着目するため、1年通じて実施する人とししない人を除いたものを修正実施率と定義する(図2)。その行為が増える時期(初日出現期)を対象に、この修正実施率を求め、総合

気象観測に基づき求めたその日の日平均ETVOに対する散布図を描いた。その分布形状が概ねS字状であったことから、次の式(1)に示すシグモイド型の数式モデルを適用し、回帰式を導いた。図3に導出例として日平均ETVOに対する冷房の修正実施率の散布図を示す。

$$y = 100 / (1 + b \exp(cx)) \quad (1)$$

y [%]: 修正実施率, x [°C]: 日平均ETVO, b, c [-]: 係数

次に、回帰式に基づき修正実施率が20%・50%・80%となるETVO(初日20%ETVO, 初日50%ETVO, 初日80%ETVOと称す)を求めた。同様にその行為が減る時期(終日

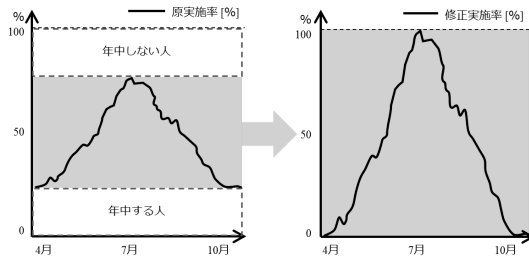


図2 修正実施率の算出方法

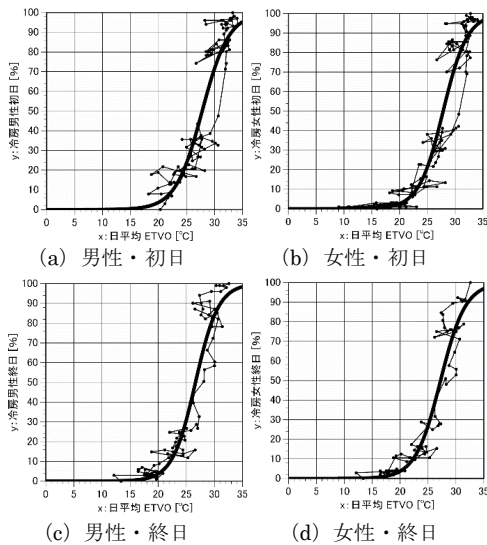


図3 日平均ETVOに対する修正実施率の関係(冷房)

出現期)を対象に80%・50%・20%となるETVO(終日80%ETVO, 終日50%ETVO, 終日20%ETVOと称す)を求めた。なお、初日(終日)20(50・80)%ETVOを総称する際に%ETVOと呼ぶこととする。表2に算出した各行為の%ETVOを示す。ただし、年中する人・しない人を除く最大度数が28以下だった項目については回帰線が散布データから明らかに乖離して描かれたため十分な精度の結果が得られないと判断し、算出しなかった。

### 3.5 全国分布の算出

全国各地のETVOの年間変動を算出するため、NEDO標準気象データベースより年間特別日射量データベースMETPV-11に収録されている全国836地点の過去20年間(1990~2009年)の平均年の気象データ(水平面全天日射量, 気温, 風速)および気象庁HPによる蒸気圧の同期間の平均値(いずれも1時間値)を用いた。下向き長波長放射量はPrataの式により推定した。上向き長波長放射量については3.2節の京都における観測データを用いて気温を説明変数とする回帰式を求め、推定した。その他は3.2節と同一とした。

年間変動曲線から、数日以内の周期的変動の影響を取り除くため、調和分析により変動曲線をフーリエ級数に変換し、1年を1~5周期とする周期関数を合成することにより平滑化した。その平滑曲線から表2の初日20%ETVOとなる日を読み取り、その地の初日20%とした。同様に初日50%, 初日80%, 終日80%, 終日50%, 終日20%を求めた。図4に導出手順を示す。

## 4. 研究成果

### 4.1 各生活季節の等日線図

算出した各地点の初日・終日から地図描画ソフトウェアGMT(The Generic Mapping Tools)を用いて等日線図を描いた。図5に例として冷房・半袖・こたつ・手袋の男性の等日線図を示す。計算上初日・終日ともにそのときの%ETVOを超える日が出現しなかった地点は黒点で示している。なお、表2に示すようにどの生活季節も%ETVOの男女差は小

表2 各生活季節の%ETVO

夏季・%ETVO [°C]	冷房		扇風機		うちわ		窓の開閉		日焼け止め		日傘		アイス		冷飲料		半袖		帽子			
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女		
初日20%ETVO	24.5	24.8	21.1	22.8	18.1	20.9	16.6	16.3	—	11.2	—	20.2	15.5	18.9	18.0	17.1	18.3	19.8	—	—		
初日50%ETVO	27.8	27.8	25.3	27.3	25.6	27.4	21.2	21.2	—	22.8	—	29.4	28.7	29.1	24.1	23.3	22.7	23.5	—	—		
初日80%ETVO	31.1	30.8	29.5	31.9	33.1	33.8	25.8	26.1	—	34.3	—	38.6	41.9	39.4	30.3	29.4	27.1	27.2	—	—		
終日80%ETVO	29.5	30.3	28.1	29.4	32.9	34.5	27.7	28.9	—	37.6	—	34.6	35.7	33.0	33.0	29.0	25.1	26.2	—	—		
終日50%ETVO	26.6	27.2	24.4	26.0	26.8	29.0	21.1	22.6	—	26.2	—	28.8	26.9	27.3	24.5	20.2	21.9	22.9	—	—		
終日20%ETVO	23.8	24.1	20.7	22.6	20.7	23.5	14.4	16.3	—	14.7	—	22.9	18.1	21.6	16.0	11.3	18.7	19.6	—	—		
冬季・%ETVO [°C]	暖房		床暖房		ストーブ		こたつ		ひざ掛け		カイロ		ヒートテック		編物		マフラー		手袋		帽子	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
初日20%ETVO	15.8	14.9	19.1	18.1	17.1	16.9	17.2	18.6	—	20.4	—	—	16.5	18.6	—	—	13.5	19.0	15.0	13.6	—	—
初日50%ETVO	10.4	9.0	12.2	10.9	10.8	11.7	11.1	12.2	—	11.9	—	—	11.0	12.2	—	—	4.8	8.9	6.5	5.0	—	—
初日80%ETVO	5.0	3.1	5.4	3.6	4.6	6.5	5.0	5.9	—	3.4	—	—	5.5	5.9	—	—	-4.0	-1.1	-1.9	-3.6	—	—
終日80%ETVO	3.5	3.0	5.2	0.6	4.8	5.8	1.7	6.9	—	3.9	—	—	0.2	4.7	—	—	-4.9	0.4	-2.1	-2.7	—	—
終日50%ETVO	10.5	10.8	12.4	10.5	11.4	12.5	10.7	14.1	—	11.8	—	—	9.6	12.0	—	—	4.7	7.3	6.7	5.4	—	—
終日20%ETVO	17.6	18.7	19.5	20.4	18.0	19.3	19.8	21.3	—	19.7	—	—	19.0	19.3	—	—	14.3	14.1	15.4	13.5	—	—

さく、等日線図も男女差はアイスの初日 20% ETVO などを除き、あまり見られなかった。

図 5 より、冷房の初日 20%は、南西諸島で 4 月下旬から 5 月、九州から関東の太平洋側で 6 月下旬、中国地方から北陸・信越地方の日本海側で 7 月下旬、東北地方や北海道南西部で 7 月下旬から 8 月上旬である。また、本州内陸部・山間部や北海道・東北地方で黒点が見られる。終日 20%は、北海道南西部・東北地方で 8 月上旬から下旬、信越・北陸地方から中国地方の日本海側や、九州地方内陸部で 9 月上旬から中旬、関東から九州地方の太平洋側で 9 月中旬から下旬、南西諸島で 10 月から 11 月である。

半袖の初日 20%は、南西諸島で 4 月頃、九州から関東地方の太平洋側で 5 月下旬から 6 月中旬、九州から信越地方・東北地方南部の日本海側で 6 月上旬から下旬、東北地方から北海道地方で 7 月から 8 月である。終日 20%は、稚内周辺を除いた北海道地方で 8 月から 9 月上旬、東北地方で 9 月上旬から中旬、信越から九州地方の日本海側で 9 月中旬から下

旬、関東から九州地方の太平洋側で 10 月、南西諸島で 11 月から 12 月頃である。

他の夏季の生活季節についても同様に初日 20%は南西諸島の 4 月頃から北海道地方の 8 月頃まで分布するが、冷房や扇風機は他よりもやや遅い傾向があった。

こたつの初日 20%は、北海道から東北地方北東部にかけて 8 月中旬から 9 月中旬、東北から中国地方の日本海側で 9 月中旬から下旬、関東から九州地方の 10 月上旬から中旬、南西諸島で 10 月下旬から 11 月上旬である。終日 20%は、南西諸島で 4 月から 5 月、九州から関東地方の太平洋側で 5 月下旬から 6 月中旬、九州から信越地方の日本海側で 6 月中旬から下旬、東北地方南部・北陸地方で 6 月下旬から 7 月上旬、北海道から東北地方北部で 7 月中旬から 8 月上旬である。

手袋の初日 20%は、北海道地方で 8 月下旬から 9 月中旬、東北地方で 9 月中旬から下旬、信越から中国地方の日本海側で 9 月下旬から 10 月中旬、関東から九州地方の太平洋側で 10 月中旬から下旬、南西諸島で 11 月から 12 月中旬である。終日 20%は、南西諸島で 3 月から 4 月中旬、九州から関東地方で 4 月中旬から 5 月中旬、北陸・信越地方で 5 月中旬から 6 月上旬、東北から北海道地方で 6 月中旬から 7 月頃である。

冬季の生活季節について、いずれも初日 20%は、概ねこたつと同様の線図である。その中でもエアコン（暖房）・手袋は初日 20%ETVO が 15°C 弱と低いため、他に比べやや遅い。終日 20%も同様であり、その中でもマフラーと手袋の終日 20%ETVO は、13~16°C と比較的低いためやや早い。

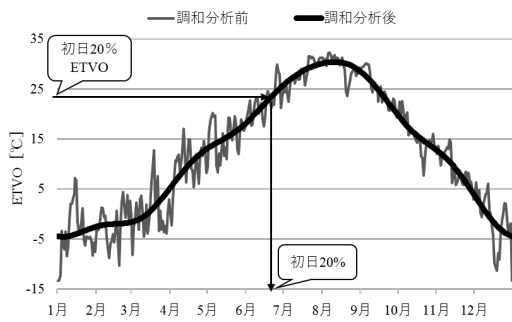


図 4 調和分析および初日・終日の導出方法

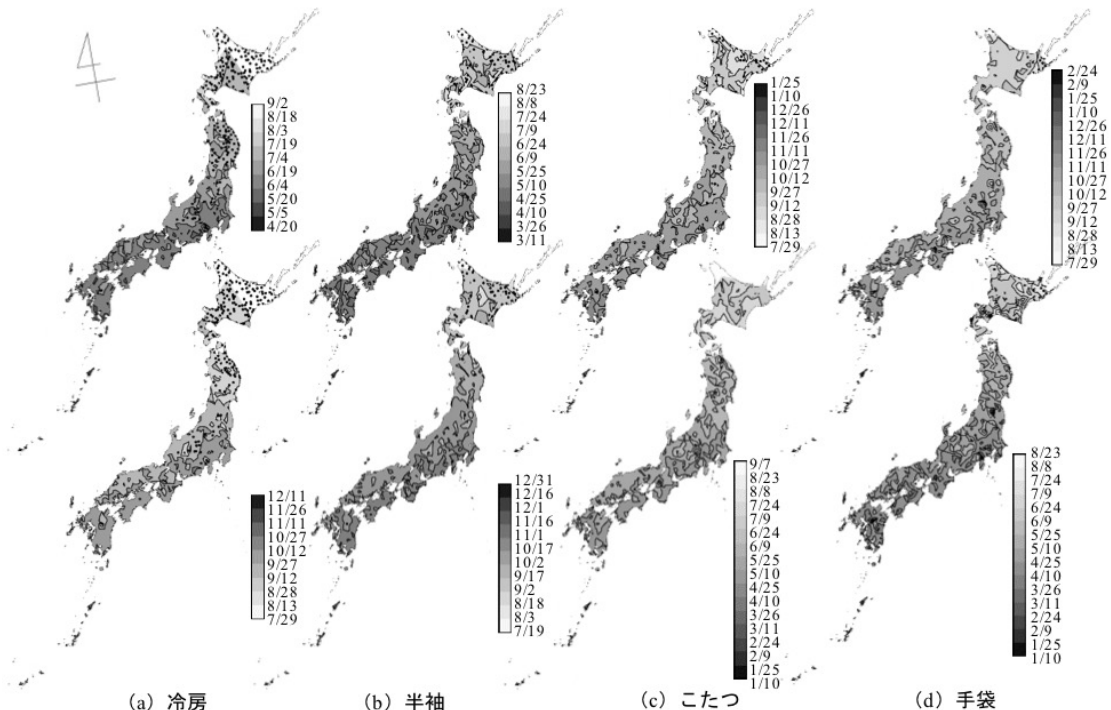


図 5 各生活季節の男性の等日線図（上：初日 20%，下：終日 20%）

## 4.2 全国実態調査

4.1 節で算出した線図（以下、推定線図）の妥当性を検証するため、全国 54 都市を対象にウェブ調査会社（Fastask）を通じてアンケート調査を行った。例年いつ頃（各月の上旬・中旬・下旬）に生活行為を始め（終）えるのか、夏の始まり・夏の終わり・冬の始まり・冬の終わりの計 4 回に分けて調査した。年中する人・しない人を除いて算出した累積度数分布が 20%・50%・80%となる日付を読み取った。その際、各月の上旬は 1~10 日、中旬は 11~20 日、下旬は 21 日~月末の中央値とした。ただし、最大度数が 40 未満の項目は算出できなかった。例として、図 6 に実態調査から得た冷房の等日線図（以下、実態線図）を示す。

夏の生活季節は、扇風機やうちわなど、初日・終日ともに九州・沖縄では推定線図と実態線図が概ね一致したが、実態線図の方が北に行くにつれて初日は早く、終日は遅かった。冬の生活季節は夏と異なり、初日は 1 つの線図の中に早い地域と遅い地域が混在していた。終日では概ね同時期もしくは実態線図の方が 2 週間から 2 ヶ月早かった。したがって適切に期日を推定できている場合もあるが、一部に改善の余地が残されている。

## 4.3 成果と課題

これまでこたつ以外の近年の生活季節前線はこれまで示されたことがなかった。民間の気象関連会社によるアイス前線などもあるが、算出方法が不明である。対して本研究の線図は体感指標 ETVO を用いて理論的に解いている。生活季節として気候特性を示したことは、生活者や旅行者にとって直感的にわかりやすい。したがって、これらの線図そのものが本研究の最大の知見といえる。

一方、夏の生活季節の初日・終日 80%に多く見られた黒点は、冷房ならば、京都で 80%の人が冷房を使い始めるときの ETVO に、一年を通じて達しない地点を指す。したがってその地点ではより低い ETVO のときに 80%になっていると考えられる。すなわち、京都の住民ほどには暑さに耐えられず、より低い

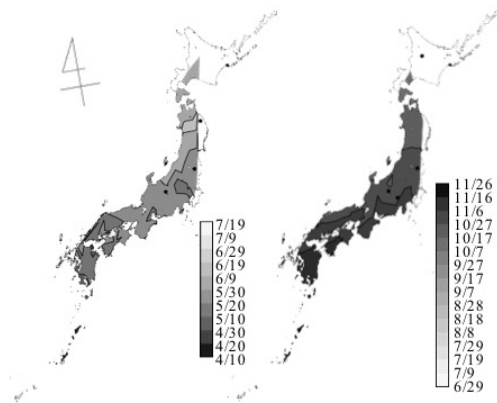


図 6 冷房の等日線図  
(左:初日 20%, 右:終日 20%)

体感温度で冷房を使っていると推察される。人体の季節順化に地域差があれば、規準値も京都と異なる可能性がある。さらには、規準値に地域差がなかったとしても生活季節には地域の風土・伝統・社会の影響があると考えられる。一部の生活季節には住宅の断熱性能の地域差も影響するだろう。

今回、実態調査は 54 都市に留まったが、線図の精度を高めるため実態調査の対象地点を増やし、地域別の補正を行うなどの改善が望まれる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

(1) 加藤雄太, 長野和雄, 渡邊慎一, 着衣人体に対する日射の影響の理論的・実証的考察, 日本生気象学会雑誌, 査読有, 55(1), 2018.06 (掲載決定・印刷中)

(2) 住里公美佳, 長野和雄, 日本における生活季節期日の全国分布の推定, 日本生気象学会雑誌, 査読有, 54(4), pp.111-134, 2017.12 DOI: 10.11227/seikisho.54.111

[学会発表] (計 11 件)

(1) Sumisato K., Nagano K. Observation and questionnaire on the relationship between the thermal index ETVO and behavior of people in Kyoto: The 17th International Conference on Environmental Ergonomics (ICEE2017), Kobe, Japan, 査読有, 106, 1p, 2017.11.12-18

(2) Kato Y., Nagano K., Watanabe S. Experimental study on the practical effect of solar radiation on a clothed body by using a thermal manikin: The 17th International Conference on Environmental Ergonomics (ICEE2017), Kobe, Japan, 査読有, 47, 1p, 2017.11.12-18

(3) 住里公美佳, 長野和雄, 冬の生活季節期日の全国分布の推定 生活季節と地域気候特性に関する研究 その 4, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 54(3), S75, 2017.10.27

(4) 加藤雄太, 長野和雄, 渡邊慎一, 部位差および着衣の再放熱比を考慮した着衣人体の日射受熱量の評価, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 54(3), S73, 2017.10.27

(5) 加藤雄太, 長野和雄, 渡邊慎一, 重ね着衣服内の多重反射を考慮した日射吸収率の推定, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 54(3), S36, 2017.10.26

(6) 住里公美佳, 長野和雄, 夏の生活季節期日の全国分布の推定 生活季節と地域気候特性に関する研究 その 3, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 54(3), S23, 2017.10.26

(7) Nagano K., Sumisato K. Sigmoid relationship between surveyed clothing insulation and thermal index in outdoor

spaces: 21st International Congress of Biometeorology, Durham, UK, 査読有, P37, pp. 77-78, 2017.09.03-07

(8) 長野和雄, 住里公美佳, 京都市域における屋外着衣量の推定 生活季節と地域気候特性に関する研究 その 2, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 53(3), S61, 2016.11.05

(9) 住里公美佳, 長野和雄, 京都市域における冬の生活季節の期日推定 生活季節と地域気候特性に関する研究 その 1, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 53(3), S60, 2016.11.05

(10) 住里公美佳, 長野和雄, 季節変化が京都市域住民の生活行為に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), D-2, pp. 207-208, 2016.08.24-26

(11) Nagano K., Horikoshi T., Efficiency of index ETVO for evaluation of indoor thermal environment with and without solar Radiation: The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate (Indoor Air 2016), Ghent, Belgium, 査読有, 802, 8pp, 2016.07.03-08

[その他]

ホームページ等

<https://nagano-lab.net>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長野 和雄 (NAGANO KAZUO)

京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：90322297