

**日本気象学会誌 気象集誌**  
(Journal of the Meteorological Society of Japan)

**第92巻 第1号 2014年2月 目次と要旨**

巻頭言 .....	i
JMSJ 論文賞2013 .....	ii

**論 文**

Jasti Sriranga CHOWDARY・Raju ATTADA・June-Yi LEE・小坂 優・ Kyung-Ja HA・Jing-Jia LUO・Chellappan GNANASEELAN・ Anant PAREKH・Doo-Young LEE：2010年夏季の熱帯インド洋お よび南アジアに特徴的な大気海洋偏差の季節予測 .....	1-16
島田照久・沢田雅洋・岩崎俊樹：北日本の冷夏を表現する気候インデックス： ヤマセインデックス .....	17-35
久保川陽呂鎮・井上 剛・佐藤正樹：統計的ダウンスケーリングを用いた将来の 日本における観光快適度の評価 .....	37-54
丹羽洋介・坪井一寛・松枝秀和・澤 庸介・町田敏暢・中村雅道・河里太郎・ 齊藤和幸・高辻慎也・辻 健太郎・西 秀紘・出原幸志郎・馬場祐介・ 久保池大輔・岩坪昇平・大森英裕・花宮義和：C-130H 輸送機を用い て観測された北西太平洋中部対流圏における CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO の季節変動 .....	55-70
大東忠保・坪木和久・出世ゆかり・上田 博：日本海側山岳域の側面における 冬季の太い雲バンドの強化過程 .....	71-93
近藤裕昭・村山昌平・澤 庸介・石島健太郎・松枝秀和・和田 晃・菅原広史・ 小野木 茂：地上付近のラドン濃度変化から推定した安定時の鉛直拡散 係数 .....	95-106
神代 剛・塩谷雅人：全球海洋上における雲タイプ毎の層状性下層雲量と下部対流圏 推定逆転強度の関係 .....	107-120
大橋唯太・嶋田 進・大澤輝夫：日本の瀬戸内海周辺における夏季の熱ストレスの メソスケール数値シミュレーション .....	121-136
学会誌「天気」の論文・解説リスト（2013年11月号・12月号） .....	137
英文レター誌 SOLA の論文リスト（2013年161-190） .....	138
気象集誌次号掲載予定論文リスト .....	139

. . . . . ◇ . . . . . ◇ . . . . . ◇ . . . . .

Jasti Sriranga CHOWDARY・Raju ATTADA・June-Yi LEE・小坂 優・Kyung-Ja HA・Jing-Jia LUO  
 ・Chellappan GNANASEELAN・Anant PAREKH・Doo-Young LEE：2010年夏季の熱帯インド洋および南アジアに特徴的な大気海洋偏差の季節予測

Jasti Sriranga CHOWDARY, Raju ATTADA, June-Yi LEE, Yu KOSAKA, Kyung-Ja HA, Jing-Jia LUO, Chellappan GNANASEELAN, Anant PAREKH, and Doo-Young LEE: Seasonal Prediction of Distinct Climate Anomalies in the Summer 2010 over the Tropical Indian Ocean and South Asia

2010年6-8月における熱帯インド洋(TIO)・南アジアにおける大気海洋偏差の特徴と予測可能性を、領域大気モデルによるシミュレーションおよびアジア太平洋経済協力気候センター(APCC)の5つの結合モデルによる予測を用いて調べた。2010年夏季は、TIO海盆スケール昇温に加え、北インド洋および海洋大陸(ベンガル湾奥およびモンスーン低圧帯の一部)における降水増加(減少)で特徴付けられる。我々の領域モデル実験は、この夏の南アジアにおける降水が主にTIOにおける海面水温(SST)の上昇によって引き起こされたことを裏付ける。本研究で調べた多くの結合モデルやそのマルチモデルアンサンブル(MME)は、TIOや南アジアにおける特徴を2010年5月1日を初期値として予測できた。MMEはインド西岸、インド半島南部およびベンガル湾中部の降水増加を定性

的に予測でき、北西太平洋高気圧の北西への伸長に伴うベンガル湾北東部の降水減少もよく予測できた。他方、TIO南東部の収束帯においては、MMEでSST上昇が弱かったため降水増加の予測性能は高くなかった。加えて、結合モデルやそのMMEは中緯度の循環偏差を予測できないため、パキスタン北部における降水増加の予測に失敗した。本研究は、2010年夏季のTIOおよび南アジアにおける降水・循環偏差の予測性能の大部分が、エルニーニョ現象の衰退期におけるインド洋海盆スケール昇温に起因することを明らかにする。これらの結果は、結合モデルを用いたTIOにおけるSSTの正確なシミュレーションが、2010年夏季南アジアモンスーンの降水予測に不可欠だったことを示す。

島田照久・沢田雅洋・岩崎俊樹：北日本の冷夏を表現する気候インデックス：ヤマセインデックス

Teruhisa SHIMADA, Masahiro SAWADA, and Toshiki IWASAKI: Indices of Cool Summer Climate in Northern Japan: Yamase Indices

本研究では、北日本の冷夏(ヤマセ)を表現する7つのインデックスについて、その空間代表性と経年変動を、1979-2010年の6-8月の気象官署における現場観測と再解析データ(JRA-25/JCDAS)を用いて検証した。インデックスは、海面気圧と地表気温によって次のように定義される。オホーツク海の領域平均の海面気圧、北日本の南北気圧差、津軽海峡に沿った東西気圧差、宗谷海峡に沿った東西気圧差、太平洋沿岸とオホーツク海沿岸の1地点における地表気温の気候値からの偏差、太平洋沿岸とオホーツク海沿岸の1地点における地表気温の日周期帯の分散、北日本の地表気温の東西振動モードの時係数である。最後の2つは、本研究で新しく提案するインデックスである。これらのインデックスによって表現される大気場は、以下の共通の特徴を示す。地表では発達したオホーツク

ク海高気圧がみられ、その北西の対流圏中層に気圧の峰が存在すること、北日本の太平洋沿岸とユーラシア大陸の日本海沿岸を南向きに、低温、高圧、低比湿、雲水量の多い地域が舌状に伸びていること、北日本の東方と西方で東風あるいは北東風が強いことである。7つのインデックスの経年変動は、全体的に一致していて、過去の冷夏を明瞭に検出する。その一方で、インデックス間の違いは、主に次の点に見られた。対流圏中層の気圧の峰の位置とオホーツク海高気圧の鉛直構造、低温と強化された東(北東)風の中心地域、北日本の太平洋沿岸とユーラシア大陸の日本海沿岸の低温域が南方に伸びる程度である。以上の結果により、北日本の冷夏(ヤマセ)に関する研究にインデックスを利用する際、研究目的に応じた適切なインデックスを選択できるようになった。

## 久保川陽呂鎮・井上 剛・佐藤正樹：統計的ダウンスケーリングを用いた将来の日本における観光快適度の評価

Hiroyasu KUBOKAWA, Tsuyoshi INOUE, and Masaki SATOH: Evaluation of the Tourism Climate Index over Japan in a Future Climate Using a Statistical Downscaling Method

観光業は気候変動の影響を受けやすい産業セクターの1つである。本研究は、統計的ダウンスケーリングの手法を気候モデルの将来データに適用することで、日本の各都市レベルの空間スケールで、温暖化に伴う将来の観光業の変動を評価した最初の研究である。観光業を気象学的見地から評価する指数として、Tourism Climate Index (TCI) を用いた。気象庁の観測データを用いて現在気候における TCI を計算し、日本の38観光地の年積算観光客数の変動および、盛岡市の月毎の観光客数の変動と比較した。一般的に、TCI は観光客数の変動と良い相関を示した。恐山や剣山といった山岳の観光地で、TCI は観光客数と明確な相関を持っていることがわかった。現在気候における

TCI は、夏期が最も観光に適していることを示しており、これは我々の感覚と整合的であった。

気候モデル MIROC と5つの第3期結合モデル比較実験プロジェクトの出力データを用いて将来気候(2040年代)における TCI を評価した。将来における TCI は、体感温度が変化することにより、夏期に数値が減少、春と秋に増加を示し、春と秋が最も観光に適した季節に変わることを示していた。これは、将来では観光業に対する需要の季節が変化することを意味している。モデルによって気温の予測値が異なることが影響し、冬季の TCI はモデル間で大きな分散値をもっており、予測が難しいことを示していた。

## 丹羽洋介・坪井一寛・松枝秀和・澤 庸介・町田敏暢・中村雅道・河里太郎・齊藤和幸・高辻慎也・辻健太郎・西 秀紘・出原幸志郎・馬場祐介・久保池大輔・岩坪昇平・大森英裕・花宮義和：C-130H 輸送機を用いて観測された北西太平洋中部対流圏における CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO の季節変動

Yosuke NIWA, Kazuhiro Tsuboi, Hidekazu Matsueda, Yousuke Sawada, Toshinobu Machida, Masamichi Nakamura, Taro Kawasato, Kazuyuki Saito, Shinya Takatsuji, Kentaro Tsuji, Hidehiro Nishi, Koshiro Dehara, Yusuke Baba, Daisuke Kuboike, Shohei Iwatsubo, Hidehiro Ohmori, and Yoshikazu Hanamiya: Seasonal Variations of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and CO in the Mid-Troposphere over the Western North Pacific Observed Using a C-130H Cargo Aircraft

航空輸送機 C-130H 上で採取された空気試料を用いて、北西太平洋上の中部対流圏における二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>), メタン (CH<sub>4</sub>), 一酸化炭素 (CO), 一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) の濃度の季節変動を調べた。用いた空気試料は、2010年9月から2012年9月までの間、月に一度の厚木基地 (35.45°N, 139.45°E) - 南鳥島 (24.28°N, 153.98°E) 間の航行の際に採取されたものである。得られた観測データより、6 km 上空で CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O の明瞭な増加傾向、CH<sub>4</sub>, CO の大きな変動が確認された。また夏季には、南鳥島上空で地上より CH<sub>4</sub>, CO の濃度が高い傾向にあることがわかった。さらに、中部対流圏では高 CH<sub>4</sub>濃度が頻繁に観測された。この高 CH<sub>4</sub>濃度について CO との関係性を調べたところ、平均的な CH<sub>4</sub>, CO のバックグラウン

ドからの増分比  $\Delta\text{CH}_4/\Delta\text{CO}$  は、冬季から春季にかけて 0.47 ppb/ppb, 夏季から秋季にかけては 1.2 ppb/ppb であった。このことから、冬季から春季にかけて観測された高濃度の CH<sub>4</sub> は化石燃料消費による CH<sub>4</sub> 排出が大きく寄与している一方、夏季から秋季の高濃度については、化石燃料消費に加えて生物からの CH<sub>4</sub> 排出の増加が寄与しているものと考えられた。地上ではこのような夏季-秋季にかけての高 CH<sub>4</sub>濃度は観測されていないため、本航空機観測で得られる CH<sub>4</sub>濃度データは、アジアの CH<sub>4</sub>排出量推定に際し、有力な拘束条件となり得る。本航空機観測は、中部対流圏の温室効果気体の長期モニタリングのため、定期的実施されており、従来の観測網の空白域を埋める重要な役割を持っている。

## 大東忠保・坪木和久・出世ゆかり・上田 博：日本海側山岳域の側面における冬季の太い雲バンドの強化過程

Tadayasu OHIGASHI, Kazuhisa TSUBOKI, Yukari SHUSSE, and Hiroshi UYEDA: An Intensification Process of a Winter Broad Cloud Band on a Flank of the Mountain Region along the Japan-Sea Coast

2009年1月25日から27日の寒気吹き出し時に、日本海側の山陰から北陸にかけての海岸域に沿って太い雲バンドが形成され、雲バンド内の降水は山岳域の側面において強化された。この太い雲バンドの強化過程と、強化された降水域の雲微物理学的特徴を調べた。太い雲バンドが形成されていた期間には、日本海の中央で2つの低気圧が連続して発達した。この低気圧の南側の山陰から北陸にかけての海岸域では西風が卓越していた。この風が北陸の高い山岳域によって少なくとも900 m以下の高度でブロックされることが理論的に説明できる。卓越する西風がブロッキングによって作られた大きな気圧傾度域に進入すると、非地衡風成分をもつアンバランスな流れが形成される。相対的に

高い気圧は西風の流れを左側に強制して南西風が生じる。この南西風が、卓越する西風と収束を形成していた。そして、この収束域が強化された降水域に対応していた。2日間平均した偏波間相関係数 ( $\rho_{hv}$ ) は、地上気温が0°C以上の期間もしくは領域において、融解中の粒子が数百 m 以下の高度に存在したことを示した。融解層より上空では、強化された降水域におけるレーダー反射強度 ( $Z_h$ ) の最大値が35 dBZ 以上であった期間が、雲バンドが継続した2日間のうちの3分の1を占めていた。 $Z_h$ が30 dBZ 以上の部分では、偏波間位相差変化率 ( $K_{DP}$ ) の最頻値は負であり、このことは強化された降水域では鉛直方向に長い形状の霰が卓越していたことを示す。

## 近藤裕昭・村山昌平・澤 庸介・石島健太郎・松枝秀和・和田 晃・菅原広史・小野木 茂：地上付近のラドン濃度変化から推定した安定時の鉛直拡散係数

Hiroaki KONDO, Shohei MURAYAMA, Yousuke SAWA, Kentaro ISHIJIMA, Hidekazu MATSUEDA, Akira WADA, Hirofumi SUGAWARA, and Shigeru ONOGI: Vertical Diffusion Coefficient under Stable Conditions Estimated from Variations in the Near-Surface Radon Concentration

地表付近にできる安定層中の鉛直方向の拡散はまだ明確には理解されていない。この研究では2006年11月につくばの気象研究所鉄塔を用いて実施したラドンの濃度の2高度 (1.5 m, 100 m) の計測からラドンの鉛直拡散係数とラドンが高濃度になっている層厚を濃度勾配が高度によらないという仮定の下に推定した。地上付近のラドン濃度が高くなる7つの12時間の時間帯で10分間平均値をそれぞれ作成し、それを平均することにより一つの12時間の時系列を作成した。この時系列はラドン濃度が上昇する部分 (Period I) とほぼ一定となる部分 (Period II) におおまかに分けることができた。Period I の鉛直拡散係数は $0.05 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ 以下、Period II では $0.13 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ 程度以下と推定された。

Period I のはじめの3時間の逆転層高度が100 m程度であったのに対し、ラドン濃度の濃い層の厚さは50 m以下と推定された。ラドンが高濃度の層厚は、Period I では接地逆転層高度よりもかなり低く、つくば付近でラドンが高い濃度になるような条件下の接地逆転層の生成には乱流輸送があまり効いていないことが示唆された。Period I と Period II では鉛直方向のラドンの拡散がかなり異なるが、両方ともほとんどPasquillの大気安定度分類で指標を設定していないクラスに入り、大気環境の分野でよく使われる安定度分類に使用される地上観測結果からこの両者を区別することは難しい。

### 神代 剛・塩谷雅人：全球海洋上における雲タイプ毎の層状性下層雲量と下部対流圏推定逆転強度の関係

Tsuyoshi KOSHIRO and Masato SHIOTANI: Relationship between Low Stratiform Cloud Amount and Estimated Inversion Strength in the Lower Troposphere over the Global Ocean in Terms of Cloud Types

層状性下層雲は、層積雲、層雲、霧の3つの異なるタイプから成る。船舶からの目視雲観測データ（1957年9月–2002年8月）と、ERA-40再解析データの気温・海面気圧をもちいて、全球海洋上におけるこれらタイプ毎の層状性下層雲量と推定逆転強度（EIS）の関係を調べた。合計の層状性下層雲量とEISの季節変動には全球的に1つの直線関係があてはめられるのに対し、雲タイプ毎の層状性下層雲量とEISの間には感度の異なる2つの関係があり、その境界は海面水温16°C付近にあることがわかった。層積雲量は、海面水温が高い場合にはEISと強い相関があるが、低い場合には相関はみられない。霧は、海面水温の高い場合にはほとんど発生していないが、低い場合にはその雲量はEISとともに増加する。層雲は、いずれの場合にも相関が認められるが、海面水温が低いほうが

EISに対する雲量の感度が高い。したがって、EISに寄与する逆転層の存在高度が異なっていることが予想されるため、これをあらわす指標を作成し、解析をおこなった。海面水温が高い場合は、850–925 hPa間の逆転強度の増加が顕著であり、層積雲量の増加と一致している。海面水温が低い場合は、層積雲量および700–850 hPa間の逆転強度が比較的大きい状態から、EISの増加とともに、霧雲量および925 hPaと海面間の逆転強度が大きい状態へと変化している。大気海洋の温度差から、海面水温が高い場合は寒気移流が全般的に起こっていることが、海面水温が低い場合は寒気移流から暖気移流への遷移が、それぞれの雲量・逆転強度の変化に適した場をもたらしていることがわかった。

### 大橋唯太・嶋田 進・大澤輝夫：日本の瀬戸内海周辺における夏季の熱ストレスのメソスケール数値シミュレーション

Yukitaka OHASHI, Susumu SHIMADA, and Teruo OHSAWA: Numerical Simulations of Summer Mesoscale Heat-Stress around the Seto Inland Sea, Japan

本研究では、西日本の瀬戸内海周辺地域でみられる夏季における熱ストレスのメソスケール分布について、2 km メッシュWRF-ARWを用いた数値シミュレーションをおこなった。熱ストレスの指標としてここでは、体感温度を表す“Heat Index”を採用した。まず、気温とHeat Indexの再現性を観測データと比較して確認したうえで、Heat Indexが高く気温との差も大きな地域を抽出した。猛暑年であった2007年を事例に計算した結果、日中においてHeat Indexの高くなるハザード地域（例えば、Heat Indexが41°C以上となる「危険」ランクの発生日数の多い地域）がいくつ出現した。14時の8月平均気温が解析領域内で最も高かったのは大阪平野であるが（平均気温33–35°C）、Heat Indexで見るとこの地域に加え、徳島平野・岡山平野・讃岐平野・中津平野で特に高くなる（平均Heat Index 37–39°C）特徴が認められた。気

温と体感温度であるHeat Indexの差は相対湿度の違いによって生じ、上記地域のうち大阪平野を除く4地域で5–7°Cと大きくなった。これらの地域では実際の気温よりも暑く感じる日が多いと予想されるため、高い熱ストレスを回避する注意が必要とされる。

次に、Heat Indexの高くなるハザード地域がどういうメカニズムによって出現しているか、特にメソスケールでHeat Indexを上昇させ得る山地と海面温度の地理的要因に対して感度実験をおこなってみた。その結果、地域によっては、谷のような山地地形に起因する熱的な効果と、海面温度の高い瀬戸内海から供給される暖湿空気の流入が重なることでHeat Indexが高くなっていた。これらの作用には日中の熱的局地循環の発達が強くと関与しており、上記4地域では1–2°CのHeat Indexの上昇につながっていることが明らかとなった。