

野津原地区宇曾岳北西斜面における斜面温暖帯の通年観測

西 垣 肇・工 藤 大 輔

Year-round Observations of the Thermal Belt on the
Northwestern Slope of Mt. Uzou-dake in Notsuharu Area

NISHIGAKI, Hajime and KUDOH, Daisuke

大分大学教育福祉科学部研究紀要 第33巻第2号

2011年10月 別刷

Reprinted From

THE RESEARCH BULLETIN OF THE FACULTY OF

EDUCATION AND WELFARE SCIENCE,

OITA UNIVERSITY

Vol. 33, No. 2, October 2011

OITA, JAPAN

野津原地区宇曾岳北西斜面における斜面温暖帯の通年観測

西 垣 肇*・工 藤 大 輔**

【要 旨】 大分市野津原地区の盆地から宇曾岳の北西斜面にかけての地域において、気温の分布と変動の観測を2年弱の間行った。夜間に盆底よりも斜面中腹のほうが高温となる現象、斜面温暖帯に注目した。当地における斜面温暖帯の出現頻度、最暖域高度、強度について、その詳細（季節変化を含む）を初めて明らかにした。斜面温暖帯は観測期間のうち半数弱の日にみられる。出現頻度は夏に少なく、秋から春に多い。最暖域は盆底よりも約250 m高いところにみられることが多い。斜面温暖帯の強度は夏に弱く、秋から春に強い。強い時季における最暖域と盆底との気温差の目安は4~6℃である。

【キーワード】 斜面温暖帯 逆転層 季節変化 盆地 微気象

I はじめに

盆地の周囲にみられる特徴的な局地気象に、斜面温暖帯があげられる（たとえば吉野, 1986; 川西, 1994; 桑形, 1994）。この現象は、晴天で風が弱い日の夜間によくみられる。そのしくみを図1に模式的に示す。まず地表面が放射冷却を受け、その地表面に冷やされて密度を増した空気が斜面を下り（冷気流）、盆底に蓄積されて冷気湖を形成する。斜面中腹では、冷やされた空気が流出して気温の下降が小さく、盆底よりも高温となり、斜面温暖帯が形成される。

本研究の対象とする地域を図2に示す。現地は別府湾からおよそ10 km内陸に位置する。大分川の支流である七瀬川が南西から北東に流れる。七瀬川沿いに大分市野津原地区の盆地（図2b）があり、その南東に宇曾岳（うぞうだけ）、障子岳、霊山（りょうぜん）がある。盆地の北西側の丘陵地は標高200 m程と、比較的低い。

松永（2002）は当地における気温の定点観測を行い、夜間における気温逆転（低地よりも高地が高温になること）の出現を確認した。その観測範囲は斜面下部に限られていて、気温分布の構造は明らかでない。その他には観測記録の文献はない。そこで、本研究では斜面上部を含めて年間を通した観測を行い、当地における斜面温暖帯の構造と季節変化を明らかにする。

近年の斜面温暖帯の観測的研究に、次のものがあげられる：Ueda et al. (2003) と堀ほか（2006）の筑波山西斜面におけるもの、Mori and Kobayashi (1996) の西山（福岡県若宮町）におけるもの、Kobayashi et al. (1994) の太宰府市におけるもの、田中ほか（2000）の八ヶ岳

平成23年5月31日受理

*にしがき・はじめ 大分大学教育福祉科学部理数教育講座（海洋物理学・気象学）

**くどう・だいすけ 大分大学大学院教育学研究科教科教育専攻理科教育専修

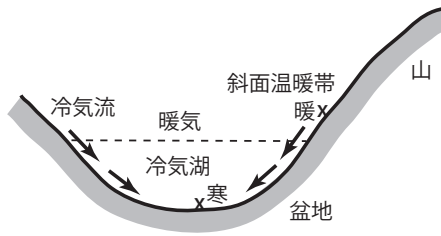


図1 斜面温暖帯と冷氣湖の模式図

南麓におけるもの。これらの観測では、温度記録計の時系列に加えて係留気球の気温鉛直分布やサーモグラフィーの熱赤外面像が用いられ、現象の立体的構造が明らかになっている。本研究においては、上記の研究にはない通年の観測を行い、季節変化を調べる。

II 観測

観測では、図2bに示す7測点UZ1～UZ7に電子式の温度記録計を設置し、5分ごとの気温を記録した。測点の選定は、盆地のUZ1から宇曾岳山頂UZ7までの間、宇曾岳北西斜面に沿って、標高の間隔がおよそ100mになるように行った。各測点の標高は表1のとおりである。

測器は、すべての測点で木陰に設置し、センサ部を地上約1.5mの高さにした。陽よけを付けていないため、一部の時間帯に日射の影響とみられる記録があるが、本研究においては夜間の気温のみを解析の対象とする。測器はIBC社のマイクロデータロガーMDL-88およびティアドデイ社のおんどとり Wireless RTR-52を使用した。

観測期間は、2005年5月14日から2007年4月15日までの2年弱である。ただし、次の期間は欠測となっている：2006年2月20日～3月5日(13日間)、9月10日～18日(9日間)、2007年2月19日～24日(6日間)。これらの他、測器の不調等による部分的な欠測があり、その日数はUZ1に64日、UZ3に1日、UZ5に70日、UZ6に60日、UZ7に6日である。欠測が含まれてはいるが、季節変化の基本的特徴を知るためには十分なデータが得られた。

表1 各測点の標高

UZ1	UZ2	UZ3	UZ4	UZ5	UZ6	UZ7
38 m	106 m	199 m	305 m	405 m	514 m	644 m

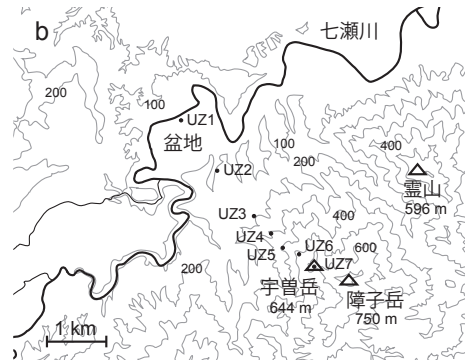
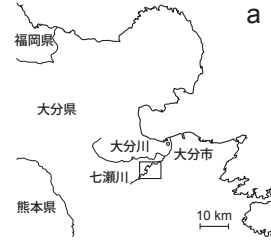


図2 観測の対象地域。(a) 広域図。枠は(b)の範囲。(b) 地形と測点。

Ⅲ 結果と考察

1 斜面温暖帯の出現例

観測された時系列のうち、斜面温暖帯が出現した典型例を図3に示す。この期間、九州は西日本の南に位置する高気圧におおわれ、大分ではほとんどの時間帯で快晴または晴れの天気だった。夜間において、盆地の2点(UZ1とUZ2)のみに顕著な冷え込みがみられ、中腹のほうが高温となる気温逆転がみられる。たとえば2005年11月27日～28日においては、日の入り時刻(17時07分)に近い27日17時前に気温逆転が始まり、19時ごろまでに気温差が急増する。その後も気温差は緩やかに増大して6～7℃に達し、日の出時刻(6時56分)に近い28日7時ごろまで著しい気温逆転が維持される。日中の気温にみられるスパイク状の高温は日射

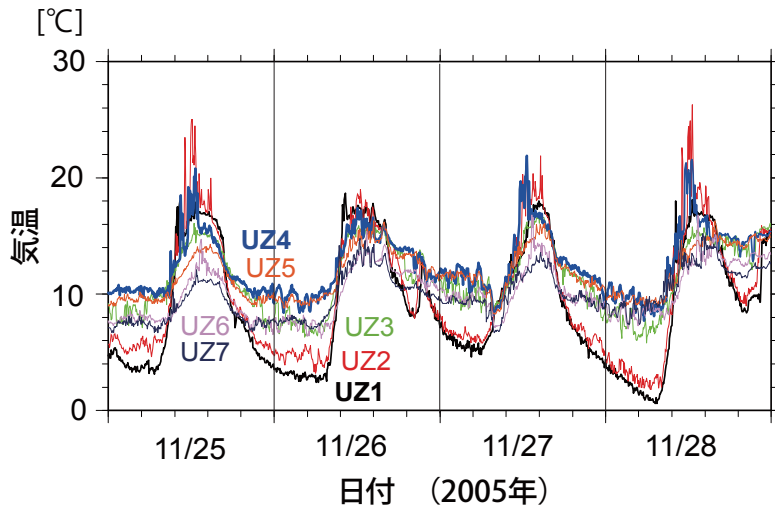


図3 各測点における気温の時間変化

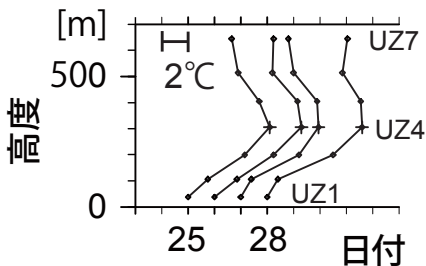


図4 2005年11月25日～28日における気温の高度分布。折れ線はUZ1の気温を基準とする鉛直分布で、左からそれぞれ25、26、27、28日のものを、原点をずらして示している。

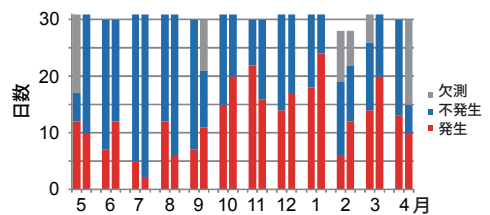


図5 月ごとの斜面温暖帯の発生日数。各月の左(右)の棒は1(2)年目を表す。

の影響と思われる。

典型的な斜面温暖帯の鉛直構造の例として、図3と同日のものを図4に示す。各点の気温は0時～6時の平均気温を使っている。いずれの日も気温の逆転が盆底UZ1から中腹のUZ4までの間(標高差267m)にみられ、その気温差はそれぞれ6.2℃、6.6℃、5.9℃、7.2℃である。その上のUZ4からUZ7にかけては降温がみられる。そのうちUZ4～UZ5にはわずかな降温、UZ5～UZ6には乾燥断熱減率に近い降温、UZ6～UZ7には緩やかな降温が、それぞれみられる。

湿度を含めた観測を行ったところ、夜間の盆底のみに低温で湿潤な空気が存在する例があった。付録に示すよう、その詳細やメカニズムは明らかでなく、今後の課題である。

2 斜面温暖帯の季節変化

約2年間の観測結果に基づいて、斜面温暖帯の季節変化を検討する。各測点における毎日0時～6時の平均気温に基づいて解析を行う。年間を通して気温逆転が出やすいため、この時間帯を選択する。

まず、斜面温暖帯の発生頻度に注目する。斜面中腹から宇曾岳山頂にかけてのUZ3～UZ7から最も高い気温を抽出し、その気温が盆底UZ1よりも2.0℃以上高いときを温暖帯の発生とする。気温差の基準2.0℃は明確な気温逆転を表すもので、堀ほか(2006)に準じている。ほとんどの発生日において、斜面上部における気温は中腹の気温よりも低い(図4、後述の表2)

表2 温暖帯の発生日数と、UZ3～UZ7の各測点が気温最高となった回数。観測日数の*は、欠測が含まれていることを示す。括弧内の数字は当該測点のみが欠測となった日数を表す。

年	月	観測日数	発生日数	UZ3	UZ4	UZ5	UZ6	UZ7	
2005	05	17*	12	1	7	4			
	06	30	7	1	4	2			
	07	31	5	2		3	(14)		
	08	31	12	1	5	6	(31)		
	09	30	7	2	4	1	(15)		
	10	31	15	5	8	2			
	11	30	22	2	15	5			
	12	31	14	4	9	1			
	2006	01	31	18	3	12	3		
		02	19*	6	1	2	2		1
		03	26*	14	1(1)	13	(26)		
04		30	13	1	8	(30)	2	2	
05		31	10		7	3(14)			
06		30	12		5	7			
07		31	2		1	1			
08		31	6		5	1			
09		21*	11	4	7				
10		31	20	3	15	1		1	
11		30	16	2	13	1			
2007	12	31	17	5	11	1			
	01	31	24	12	12				
	02	22*	12	1	10		1	(6)	
	03	31	20	7	10	3			
	04	15*	10	2	7	1			
合計		672*	305	60(1)	190	48(70)	3(60)	4(6)	

が、ここではそのことを斜面温暖帯の発生を判定する際の条件にはしていない。

月ごとの発生日数を図 5 に示す。特徴として、6 月～9 月前半に少なく、他の時季に多いが、その中で 10 月～1 月に特に多いことがあげられる。9 月は、両年とも前半に少なく後半に多い（2006 年 9 月の欠測期間は 10 日～18 日）。回数を目安は、夏に月間 3～10 回、冬と春に 10～20 回、秋に 15～20 回である。

発生頻度を数える際、UZ1 が欠測の期間（2006 年 12 月 25 日～2007 年 3 月 4 日）は UZ2 の気温を代用している。その影響に関して、前年同期間の斜面温暖帯の発生日における UZ2 と UZ1 との気温差の平均は 0.6°C （UZ2 が高温）、標準偏差は $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ である。その期間において UZ1 の気温を UZ2 のもので代用する場合、斜面温暖帯の発生回数は 1 回減るのみである。

斜面温暖帯の最暖域高度とその季節変化を検討する。ここでは斜面上の測点 UZ3～UZ7 のうち気温が最高の箇所を調べる。各測点それぞれにおいて気温が最高を示した回数を月ごとに集計した結果を、表 2 に示す。ただし、斜面温暖帯が出現していない日は除外されている。同点がある場合は標高の低いほうをとっている。部分的に欠測が含まれてはいるが、以下のことがわかる。気温が最高の箇所は、大多数の日に UZ3 から UZ5 の間（盆底よりも 161～367 m 高所）にみられ、中でも UZ4 にみられることが最も多い。UZ6 や UZ7 にみられる回数はごく少ない。季節変化は小さいが、出現高度が夏に高く冬に低い傾向がみられる。

斜面温暖帯の強度とその季節変化を検討する。ここでは暖域と盆底との気温差を強度とみなす。最高気温が最も頻出する UZ4 と盆底 UZ1 との気温差の、日ごとのものを図 6 に示す。ただし、UZ1 が欠測の期間は UZ2 の気温を代用している。ほとんどの夜における気温差は $-2\sim 7^{\circ}\text{C}$ の間である。全体的には気温差が $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ の強い温暖帯がしばしばみられる。季節変化に注目すると、6 月後半から 9 月前半までの期間には強い温暖帯がみられない（ 4°C 以上の値がほとんどない）ことが目立つ。秋から春にかけての典型的な気温差は $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ である。図 6 においては、斜面温暖帯が出現しない日の状態を含めてあらかずため、斜面中腹の気温として、最暖点ではなく UZ4 のものを使った。最暖点のものを使う場合、305 日中 108 日において気温差が拡大するが、その拡大幅は平均 0.5°C にすぎない。したがって、上記の特徴は「UZ4 と盆底との気温差」に対しても「最暖域と盆底との気温差」に対しても成り立つ。

基本的な季節変化は、発生頻度から見る場合と同様に、秋から春にかけて活発で、夏に不活発というものである。秋から春の中では、発生頻度で見ると秋に頻発、発生時の強度で見ると秋だけでなく春にも強い、という特徴がみられる。夏に弱く秋から春にかけて強いという特徴は、接地逆転層についてのいくつかの観測例と一致する（吉野，1986）。

IV まとめ

野津原の盆地から宇曾岳北西斜面にかけてみられる斜面温暖帯の観測調査を行い、次のことがわかった。(1) 斜面温暖帯が出現した日は観測期間の半分弱である。出現の頻度は夏に少なく秋から春に多いが、秋から春の中では秋にやや多い。(2) 最暖域は盆底からおおよそ 250 m 高いところにみられることが多い。その高度は夏にわずかに高い傾向がある。(3) 斜面温暖帯が発生した場合の強度は日によって異なるが、暖域と盆底との気温差は、6 月後半～9 月前半に小さく秋から春に大きいが、秋から春の中では秋と春にやや大きい。強い時季における最暖域と盆底との気温差の目安は $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ である。

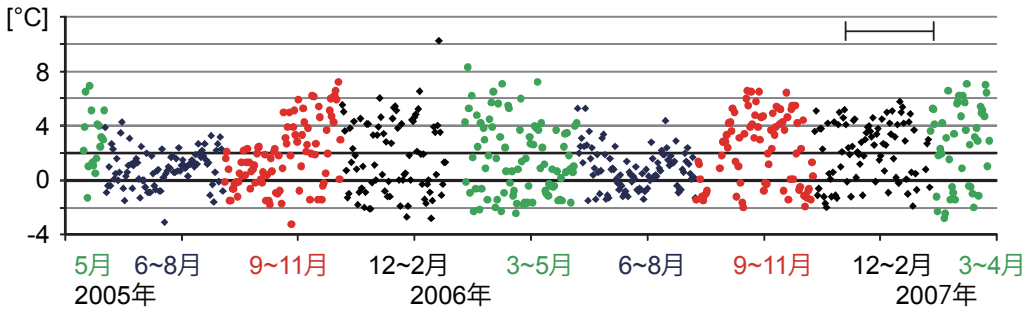


図6 UZ4 と UZ1 との日々の夜間気温差。右上部の棒は UZ1 が欠測の期間を表す。

付録

比湿の時系列

本研究の観測点において、気温に加えて湿度の観測を行った。その際、夜間に盆底のみに低温で湿潤な空気がみられる例があった。その顕著な例を図 A1 に示す（比湿は空気中に含まれる水蒸気の量を質量比で表したもの）。盆底のみに夜間に降温と比湿上昇がみられる。このことは、盆底のみに多くの水蒸気が流入または発生していることを意味する。

湿度を含む観測は 2007 年 4 月 15 日～6 月 14 日と 2009 年 10 月 21 日～2010 年 1 月 5 日に行った。前者の期間には、盆底のみに低温・高比湿の空気がみられる夜が 11 回みられる。後者の期間には同様の例が 6 回みられるが、盆底と中腹との比湿差は大きくない。

盆底の湿潤空気の発生メカニズムは不明で、今後の課題である。大橋ほか (2004) は、三次盆地における霧の発生を数値シミュレーションで再現し、盆地外の土壌・森林を起源とする水蒸気が夜間に盆底へ流入することを示した。野津原の盆地には霧の発生はあまり見られないが、類似の現象がおこっている可能性が考えられる。また、盆地内での局所的な水蒸気発生の可能性も考えられる。

謝辞

本研究にあたり、川西博名誉教授（大分大学）には貴重な助言をいただきました。卒業生の松永寛美さんは、在学時に本研究の基礎となる観測を行いました。卒業生の後川里美さんは 2009 年の観測に携わりました。上記の方々には深く感謝します。

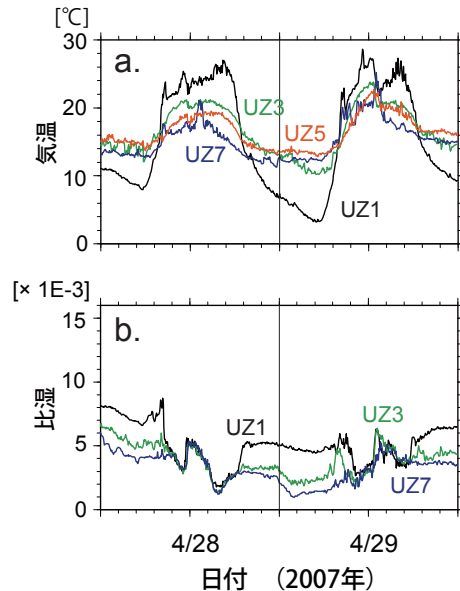


図 A 1 (a)気温と(b)比湿の時間変化の観測例。

参考文献

- 1) 堀正岳, 植田宏昭, 野原大輔, 2006. 筑波山西側斜面における斜面温暖帯の発生頻度と時間変化特性, 地理学評論, **79**, 26-38.
- 2) 川西博, 1994. 大分県の気象探訪, 大分合同新聞社.
- 3) Kobayashi, T., M. Mori and K. Wakimizu, 1994. An observational study of a thermal belt on hillsides, *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 387-399.
- 4) 桑形恒男, 1994. 複雑地形と大気, 近藤純正編著: 水環境の気象学, 朝倉書店, 261-280.
- 5) 松永寛美, 2002. 野津原町の気象～町周辺部にみられる気温の逆転～, 大分大学教育学部卒業論文.
- 6) Mori, M. and T. Kobayashi, 1996. Dynamic interaction between observed nocturnal drainage winds and a cold air lake, *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 247-258.
- 7) 大橋唯太, 寺尾徹, 宮田賢二, 田中正昭, 堀口光章, 林泰一, 2004. 局地循環による水蒸気輸送と盆地霧発生の関連性—広島県三次盆地を対象とした数値実験—, 天気, **51**, 509-523.
- 8) 田中博春, 谷本陽一, 三上岳彦, 2000. ハヶ岳南麓における高標高気温逆転現象, 地学雑誌, **109**, 703-718.
- 9) Ueda, H., M.E. Hori and D. Nohara, 2003. Observational study of the thermal belt on the slope of Mt. Tsukuba, *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 1283-1288.
- 10) 吉野正敏, 1986. 新版小気候, 地人書館.

Year-round Observations of the Thermal Belt on the Northwestern Slope of Mt. Uzou-dake in Notsuharu Area

NISHIGAKI, Hajime and KUDOH, Daisuke

Abstract

A time series of air temperatures were observed in the area extending from the valley of Notsuharu, Oita, Japan to the northwestern slope of nearby Mt. Uzou-dake over a period of nearly 2 years. We focused on the thermal belt, a phenomenon in which the air temperature is higher in the mid-slope than in the bottom of the valley. Certain properties (including their seasonal changes) of the thermal belt in this area, namely, the frequency, the elevation of the warmest area and the intensity, are made clear for the first time. The thermal belt was observed on nearly half of the days on which observations were made. Its frequency is small in summer and large from autumn to spring. The warmest area is mostly present about 250 m above the bottom of the valley. The intensity of the thermal belt is small in summer and large from autumn to spring. Typical temperature difference between the warm area and the bottom of the

valley is 4–6 degrees Celsius in the intense seasons.

【Key words】 thermal belt, inversion layer, seasonal change, valley, micrometeorology