

学位論文

標高を考慮した省エネルギー基準における地域区分に関する研究

2013年3月

窪田真樹



## 目次

## 第1章 序論

1.1 研究背景.....	3
1.1.1 日本におけるエネルギー事情.....	3
1.1.2 省エネルギー政策と省エネルギー法・省エネルギー基準.....	5
1.1.3 省エネルギー基準における地域区分.....	7
1.1.4 地域区分と気候区分.....	16
1.2 研究目的.....	17
1.3 既往研究と本研究の位置付け.....	17
1.3.1 建築分野に関する気候区分.....	18
1.3.2 国外の地域区分.....	18
1.4 論文構成.....	18
1.5 第1章の参考文献.....	21

## 第2章 住宅の暖冷房負荷と気候指標の関係性

2.1 住宅の暖冷房負荷算定概要.....	25
2.1.1 住宅モデル.....	25
2.1.2 算定条件.....	28
2.1.3 気象データ.....	28
2.2 住宅の暖冷房負荷と気象要素の関係性.....	31
2.2.1 1995年版標準年気象データと2000年版標準年気象データの比較検討.....	31
2.2.2 住宅の暖冷房負荷と気温の関係性.....	33
2.2.3 住宅の暖冷房負荷と絶対湿度の関係性.....	33
2.2.4 住宅の暖冷房負荷と日射量の関係性.....	35
2.3 暖冷房度日と暖冷房デグリーM値の比較検討.....	37
2.3.1 暖冷房度日と住宅の暖冷房負荷の関係性.....	38
2.3.2 暖冷房デグリーM値と住宅の暖冷房負荷の関係性.....	44
2.4 第2章のまとめ.....	50
2.5 第2章の参考文献.....	52

## 第3章 日本における気候分布と標高の関係性

3.1 日本における気候分布.....	57
3.1.1 暖冷房負荷と暖冷房度日の分布.....	57
3.1.2 暖冷房デグリーM値の分布と比較検討.....	60
3.2 気温減率の適用性と高度補正.....	62

3.3	海拔 0m における気候分布 .....	66
3.3.1	気温減率を用いた海拔 0m の気温算定 .....	66
3.3.2	海拔 0m における暖冷房度日と暖冷房デグリーM 値の分布 .....	68
3.4	日本における気候分布と標高以外の関係性 .....	71
3.4.1	気候分布における緯度の関係性 .....	71
3.4.2	人口による都市化の影響判断 .....	74
3.4.3	メッシュ気候値 2000 による地形等の影響判断 .....	86
3.5	第 3 章のまとめ .....	96
3.6	第 3 章の参考文献 .....	97
第 4 章	標高を考慮した地域区分法	
4.1	現行の地域区分法と課題の整理 .....	102
4.2	標高を考慮した地域区分法の概要 .....	105
4.3	緯度・標高による重回帰式を用いた暖房度日推定法 .....	107
4.4	高度補正を利用した暖房度日推定法 .....	111
4.4.1	海拔 0m における地域単位の選定 .....	112
4.4.2	標高の影響による暖房度日の増加量 .....	119
4.4.3	暖房度日推定法の比較検討 .....	131
4.5	標高を考慮した地域区分法の適用例 .....	135
4.6	第 4 章のまとめ .....	148
4.7	第 4 章の参考文献 .....	149
第 5 章	暖冷房負荷を考慮した地域区分法	
5.1	高度補正を利用した冷房度日推定法 .....	154
5.2	冷房度日推定値による地域区分 .....	166
5.2.1	冷房度日の区分範囲 .....	166
5.2.2	冷房度日推定値による地域区分の適用例 .....	167
5.3	暖冷房度日による地域区分 .....	174
5.4	第 5 章のまとめ .....	184
5.5	第 5 章の参考文献 .....	185
第 6 章	非住居系建築物における地域区分法	
6.1	オフィスビルの暖冷房負荷算定概要 .....	189
6.1.1	建物モデル .....	189
6.1.2	算定条件 .....	191
6.2	拡張デグリーデー法における地域区分と課題の整理 .....	191

---

6.3 非住居系建築物に対する暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用 .....	196
6.4 第6章のまとめ .....	200
6.5 第6章の参考文献 .....	201
第7章 総括	
7.1 本論文の要約 .....	205
7.2 今後の課題と展望 .....	211
Summary of Doctoral Dissertation .....	212
既発表論文一覧 .....	215
研究助成 .....	215
謝辞 .....	216

---



## 第 1 章 序論

---





## 第1章 序論

## 1-1. 研究背景

## 1-1-1. 日本におけるエネルギー事情

近年、地球規模で温暖化等の環境問題への関心が高まっている。その中であって、地球温暖化等の原因とされる二酸化炭素の排出に影響する社会活動に起因したエネルギー消費の低減は大きな課題である。日本におけるエネルギー消費量の推移[1]を図 1.1.1(a)に示すが、経済成長に伴ったエネルギー消費量の増加をみることができる。また、図 1.1.1(a)からは建設に関連した部門(民生部門の家庭・業務)のエネルギー消費量の増加についても確認でき、1973年に合わせて18.1%だったエネルギー消費量全体に占める割合が、2009年には33.7%と確実に大きくなっていることが分かる。これより、エネルギー消費の削減における建設関連の取り組みは今後ますます重要なものとなる。

ここで、図 1.1.1(b)に民生(家庭)部門を対象とした世帯数とエネルギー消費量の1990年から2010年までの推移、図 1.1.1(c)に民生(業務)部門を対象とした床面積とエネルギー消費量の1990年から2010年までの推移をそれぞれ示す。図より世帯数の増加及び床面積が右肩上がり増加し、それに伴ってエネルギーの消費量も大きくなっていることがみてとれる。しかし、2000年代に入って以降エネルギー消費量の増加の鈍化が確認できる。これは、民生(家庭)部門での世帯数や機器使用、民生(業務)部門での床面積や営業時間がそれぞれ増加する一方で、省エネルギー対策の推奨や家電等の機器効率の高まりによってエネルギー消費の低減が同時に図られてきたことが背景として挙げられる。このように2000年以降一定の効果を表してきた省エネルギー対策等は、少子化や2008年以降続く経済活動の弱まりに起因して世帯数、床面積の増加が緩やかなものとなる、もしくは減少に転ずることが予想される現状にあっても積極的に進めていかなければならない。

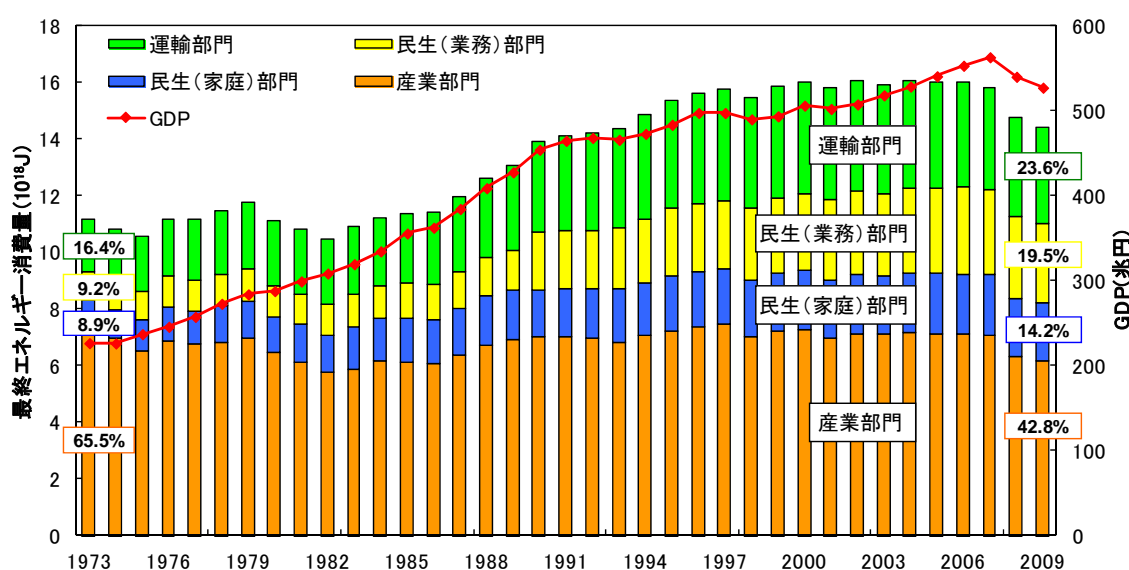
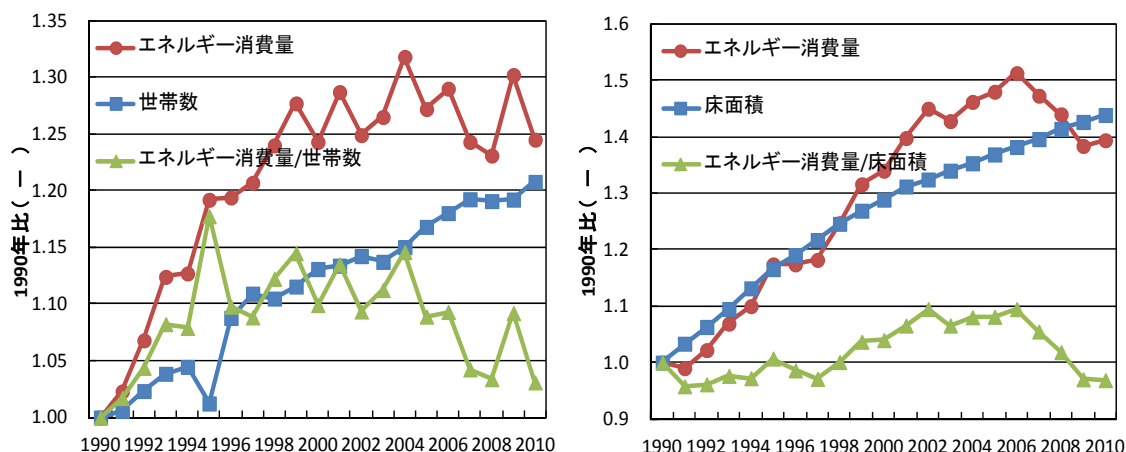


図 1.1.1(a) 最終エネルギー消費量の推移[1]



(左) 図 1.1.1(b) 民生(家庭)部門対象世帯数とエネルギー消費量の推移

(右) 図 1.1.1(c) 民生(業務)部門対象床面積とエネルギー消費量の推移

さらに、エネルギーの供給に目を向けると、東日本大震災に端を発する福島第一原子力発電所事故後、原子力に頼ったエネルギー政策のありかたが問われており、今後エネルギー政策の大きな見直しが考えられる。太陽光や風力、地熱、潮力といった再生可能エネルギーや未利用エネルギーによる環境配慮型のエネルギー供給への期待が高まる一方で、図 1.1.1(d)に示すように世界的にみてもエネルギー需給率の低い日本においては、原子力に頼らないエネルギーの供給量確保に不安が残る。仮に原子力には頼らないとした場合、環境配慮型のエネルギー供給への政策転換に加えて、省エネルギー政策をこれまで以上に展開していくという二方向のエネルギー政策が必要とされる。我国における省エネルギーの推進は、世界的に求められる環境への配慮といった側面のみならず、エネルギー事情を鑑みても今後ますます必要とされるだろう。

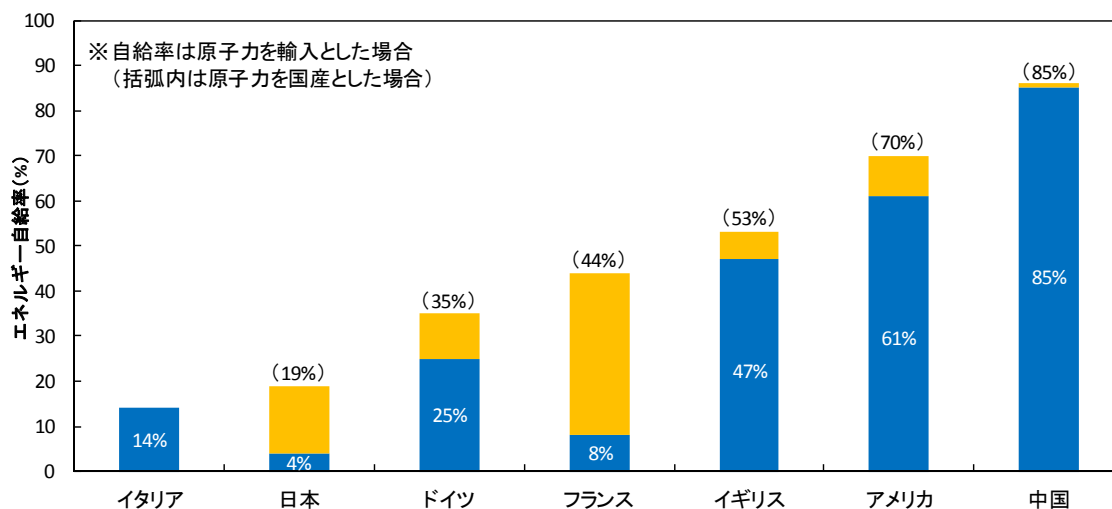


図 1.1.1(d) 各国のエネルギー自給率[2]

### 1-1-2. 省エネルギー政策と省エネルギー法・省エネルギー基準

前述したエネルギー事情を背景に省エネルギー政策として様々な行政措置がとられている。我国での省エネルギー政策は、支援(予算・税制等)と規制の両面の対策をバランスよく充実させることで実施している。支援と規制により省エネ技術の開発や省エネ意識の向上を目指している。支援に関しては、ここ最近メディア等で注目を集めたエコカー減税や住宅エコポイント制度をはじめとして、省エネ設備の導入や省エネ技術開発への補助金等が実施されている。

一方規制に関しては、二度の石油危機を契機として1979年に制定された「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(以下、「省エネルギー法」とする。)を根幹とし、表1.1.2(a)に示した「工場・事業場」、「運輸」、「住宅・建築物」、「機械器具」、「情報提供」の5つに大別して行われる。この枠組みの中で、「住宅・建築物」に大別される建設に関連した分野では、住宅とその他建築物それぞれに省エネルギー対策の指針を整備している。

表 1.1.2(a) 省エネルギー法の概要

工場・事業場	事業者の努力義務・判断基準の公表
	第一種エネルギー管理指定工場(エネルギー使用量3000kl/年) <ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー管理者の選任義務</li> <li>・中長期計画の提出義務</li> <li>・エネルギー使用状況等の定期報告</li> </ul>
	第二種エネルギー管理指定工場(エネルギー使用量1500kl/年) <ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー管理員の選任</li> <li>・エネルギー使用状況等の定期報告</li> </ul>
運輸	事業者の努力義務・判断基準の公表
	特定輸送事業者(保有車両数トラック200台以上、鉄道300両以上等) <ul style="list-style-type: none"> <li>・中長期計画の提出義務</li> <li>・エネルギー使用状況等の定期報告</li> </ul>
	特定荷主(年間輸送量が3000万トンキロ以上) <ul style="list-style-type: none"> <li>・計画の提出義務</li> <li>・委託輸送に係るエネルギー使用状況等の定期報告</li> </ul>
住宅・建築物	建築主・所有者の努力義務判断基準の公表
	建築主・改修を行う者、特定建築物所有者に対し、建築物の設計、施工及び維持保全について指導、助言 <ul style="list-style-type: none"> <li>・住宅の設計・施工について国土交通大臣が指針公表</li> </ul>
	特定建築物(延べ床面積300㎡以上の住宅を含む建築物) <ul style="list-style-type: none"> <li>・特定建築物について、新築、大規模改修を行う建築主・所有者(特定建築主等)の、所管行政庁に対する省エネルギー措置の届出義務</li> <li>・届出を行った特定建築主等の、維持保全の状況に係る所管行政庁への定期報告</li> </ul>
	住宅供給事業者(年間150戸以上) <ul style="list-style-type: none"> <li>・供給する建売戸建住宅における省エネ性能を向上させる目標の遵守義務</li> </ul>
機械器具	エネルギー消費機器の製造・輸入事業者の努力義務
	特定機器判断基準の公表(トップランナー基準) <ul style="list-style-type: none"> <li>・乗用自動車、エアコン、テレビ等の省エネルギー基準</li> <li>・それぞれの機器において現在商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上を求める。</li> </ul>
情報提供	一般消費者への情報提供
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力・ガス会社等による省エネルギー機器普及や情報提供事業の実施と実績の公表</li> <li>・家電等の小売業者による店頭での分かりやすい省エネルギー情報(年間消費電力、燃費等)の提供</li> </ul>

(1)住宅の省エネルギー基準

省エネルギー法に則して住宅における省エネルギー対策を進めるべく、「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断基準」及び「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計及び施工の指針」(以下、これら二つを併せて「住宅の省エネルギー基準」[3]とする。)が1980年に制定された。また、住宅の省エネルギー基準は、時代に沿った省エネルギー対策への要求の高まりを受け、後に1992年と1999年に改正がそれぞれ行われ、基準の強化がなされている。この基準では、全国を6つの地域に区分し、表1.1.2(b)から表1.1.2(e)に示すように地域ごとに暖冷房負荷、断熱性、気密性、日射遮蔽性等に関する基準が設けられる。

表 1.1.2(b) 年間暖冷房負荷の基準値

地域の区分	I	II	III	IV	V	VI
年間暖冷房負荷の基準値 (単位: MJ/m <sup>2</sup> ・年)	390	390	460	460	350	290

表 1.1.2(c) 熱損失係数の基準値

地域の区分	I	II	III	IV	V	VI
熱損失係数の基準値 (単位: W/m <sup>2</sup> )	1.6	1.9	2.4	2.7		3.7

表 1.1.2(d) 相当隙間面積の基準値

地域の区分	I	II	III	IV	V	VI
相当隙間面積の基準値 (単位: cm/m <sup>2</sup> )	2.0		5.0			

表 1.1.2(e) 夏期日射取得係数の基準値

地域の区分	I	II	III	IV	V	VI
夏期日射取得係数の基準値	0.08		0.07			0.06

(2)建築物の省エネルギー基準

住宅の省エネルギー基準の制定とときを同じくして、「建築物に係わる省エネルギー判断基準」[4](以下、「建築物の省エネルギー基準」とする。)が1980年に制定された。建築物の省エネルギー基準もまた、1993年、1999年にそれぞれ改正、基準の強化がなされている。この基準では、建築計画や外皮設計(ガラスの仕様や断熱材の厚さ等)等の断熱性能に関する基準のPAL(年間熱負荷係数)と建築設備の省エネルギー性能に関する基準のCEC(エネルギ

一消費係数)が規定されており、CEC については建築設備ごとに CEC/AC(空調設備)、CEC/V(機械換気設備)、CEC/L(照明設備)、CEC/HW(給湯設備)、CEC/E(昇降機)の基準がそれぞれ設けられている。また、これら PAL と CEC の基準は事務所、ホテル、病院、物販店舗、飲食店、学校、集会所、工場の用途の建築物を対象としている。

### 1-1-3. 省エネルギー基準における地域区分

建設に関連した分野での省エネルギーを目的として前述したように住宅、建築物の省エネルギー基準が定められている。ここではこれら二つの基準において用いられる地域の区分について述べる。住宅の省エネルギー基準については、表 1.1.2(b)から表 1.1.2(e)に示したように地域を区分し、それぞれの地域に応じた基準値が整備されている。また、建築物の省エネルギー基準では、簡易的な PAL 値算定の際の年間熱負荷計算に拡張デグリーデー法が用意されており、その中で地域の区分が利用されている。これら二つの省エネルギー基準において用いられる地域区分については本節で後ほど述べる。

このように省エネルギー基準において地域の区分が用いられるのは、建築物における省エネルギー性能をより適切に定めるためである。建築物のエネルギー消費量は、建設地の気候条件に大きな影響を受ける。例えば、同じ断熱性や気密性の壁面を有する建築物が寒冷地域と温暖地域にあった場合、冬期の暖房に必要なエネルギーは当然寒冷地域に建設された建築物の方が大きくなる。つまり、この場合寒冷地域の建築物がより環境への負荷が大きいということになる。したがって、寒冷地域では温暖地域と比べ暖房負荷の低減に必要な断熱性や気密性といった省エネルギー性能への要求が高まる。また、省エネルギー対策の一つである遮熱に関して、温暖地域ではより性能のよい遮熱技術の導入が効果を発揮するが、寒冷地域においては日射を遮ることにより暖房負荷の増加を招いてしまう恐れがある。このように必要とされる省エネルギー技術も気候状態によって異なる。これらのことから気候状態の違いにより求められる省エネルギー性能や技術は異なり、寒冷地域には寒冷地域に必要な省エネルギー基準があり、反対に温暖地域には温暖地域に必要な省エネルギー基準があるということが分かる。特に日本は北緯 20° から北緯 46° に及ぶ幅広い緯度域にある島国で、亜熱帯から亜寒帯まで極めて広い気候帯にあり、さらに起伏に富んだ山脈が日本列島を縦横に走っているため気候的差異が大きく、地域区分を行いそれぞれの地域に適した省エネルギー基準を定めることの重要性は極めて高い。

さらに、建設に関連する分野は図 1.1.3(a)に示すように設計段階から解体段階に至るまでの長いライフサイクルがあり、他の省エネルギー基準が定められた「工場・事業場」、「運輸」、「機械器具」分野と比較しても長い期間を考慮した省エネルギー基準を定めることが求められている。長いライフサイクルの間常に付き合っていかなければならない建設地における気候条件の判断は、省エネルギー基準において最も重要視しなければならない項目の一つとして挙げられる。つまり、気候条件を判断するための地域区分の適正化は省エネルギー基準における至上責務である。



図 1.1.3(a) 建築物のライフサイクル

### (1)住宅の省エネルギー基準における地域区分

住宅の省エネルギー基準では、地域区分に暖房負荷と相関が高い暖房度日が用いられる。これは住宅の空調熱負荷において暖房負荷が支配的であることを考慮し、省エネルギー対策の中心に暖房負荷の低減が据えられたためである。前述の通り住宅の省エネルギー基準は制定から二度の改正がなされており、その際に地域区分についてもそれぞれ改正が行われた。

当初の基準では、地域区分は都道府県を一つの地域単位として全国を 5 つの地域に区分していた。都道府県が一つの地域単位とされた背景には、当初の基準があくまでも判断の目安としての任意基準であり、普及を図る上で分かり易いものとしたという行政の方針があったことが挙げられる。そのため、各区分におけるある程度の気候的差異は許容され、比較的大きな地域単位でのおおまかな区分とされていた。

その後 1992 年と 1999 年に改正が行われるわけだが、まず 1992 年の改正で冷房主体の沖縄等の南西諸島を分ける形で 6 つの地域に区分するよう改められた。これは、沖縄等の南西諸島が、それまで同じとしていたその他温暖地域と明らかに異なる気候状態にあり、区別することが妥当と判断されたためである。このように区分する地域の数を増やすことは、気候状態が異なる地域に別々の基準を定めることができるという利点がある。しかし、その一方で区分される地域が細かく分類されることは煩雑化を招き、法整備上も利用上も不都合が生じる可能性を併せ持っていることに留意しなければならない。1992 年の改正時には、区分する地域の数こそ増やしたものの区分する際の地域単位までは変更せず都道府県単位をそのまま用いている。

最後に改正がなされた 1999 年に初めて都道府県より細かい地域単位が用いられることとなる。区分に用いる最小の地域単位として市区町村が採用された。市区町村を地域区分の最小の地域単位としたことで、より地域の気候状態に合った地域区分が行えるようになった。最小の地域単位をより細かな市区町村とすることができるようになった背景には気象データの充実がある。拡張アメダス気象データ[5]のようにより多数の地点の気象データが整備されたことにより、市区町村という細かい範囲における気候状態を判断することが容易になり、詳細な地域区分がなされた。図 1.1.3(b)に市町村を最小の地域単位としたときの地域区分を示す。また、I 地域を I a 地域と I b 地域に、IV 地域を IV a 地域と IV b 地域にそれぞれさらに区分した住宅事業建築主の判断基準[6]における地域区分を図 1.1.3(c)に示す。

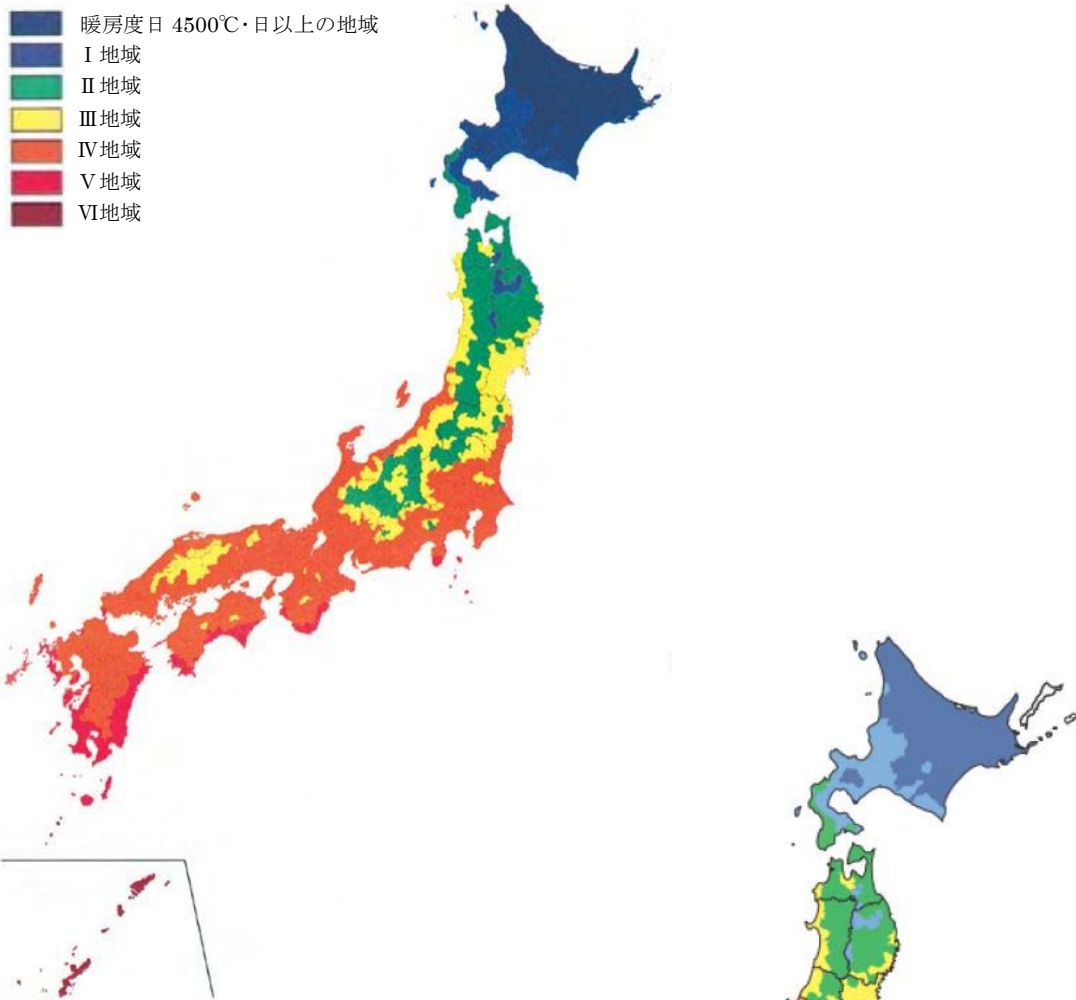


図 1.1.3 (b) 住宅の省エネルギー基準における地域区分

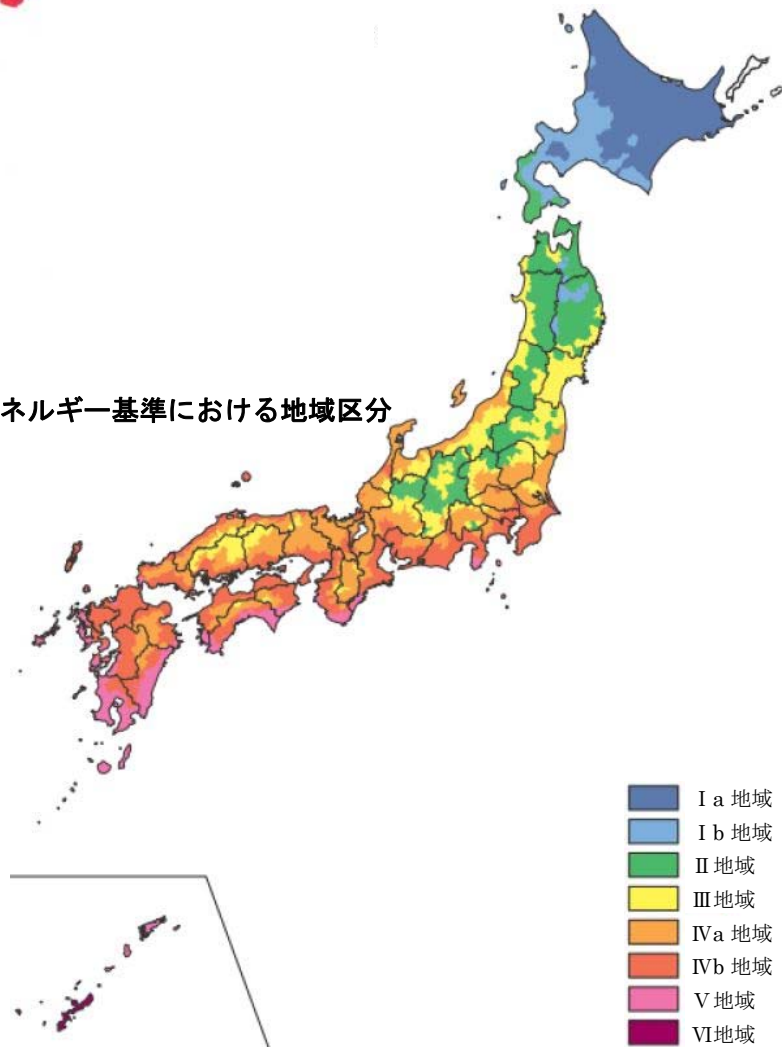


図 1.1.3 (c) 住宅事業建築主の判断基準における地域区分

表 1.1.3 住宅の省エネルギー基準と住宅事業建築主の判断基準の地域区分

住宅の省エネルギー基準における地域区分	住宅事業建築主の判断基準における地域区分	暖房度日 (D <sub>18-18</sub> )
I 地域	I <sub>a</sub> 地域	4500°C・日以上
	I <sub>b</sub> 地域	3500°C・日～4500°C・日
II 地域	II 地域	3000°C・日～3500°C・日
III 地域	III 地域	2500°C・日～3000°C・日
IV 地域	IV <sub>a</sub> 地域	2000°C・日～2500°C・日
	IV <sub>b</sub> 地域	1500°C・日～2000°C・日
V 地域	V 地域	500°C・日～1500°C・日
VI 地域	VI 地域	500°C・日未満

次に住宅の省エネルギー基準における地域区分の I から VI の各地域の気候状態について述べる。図 1.1.3(d) に地域別の月平均気温を示す。ここでは、それぞれの地域に属する都市の中から代表都市を選出した。I 地域は札幌、II 地域は盛岡、III 地域は仙台、IV 地域は東京、V 地域は鹿児島、VI 地域は那覇である。図より暖房度日により区分した地域の I 地域から順に気温が高くなっていることが確認できる。気温だけとってこのように各地域間で気候状態に差があることが分かる。また、その他に月別の気温差は一定でなく、冬期の気温差は夏期の気温差と比較して大きいことや VI 地域を代表した那覇の気温が突出して高いことも分かる。暖房度日により地域を区分するため、冬期に気温があまり下がらない等基準となる温度を上回る期間が長い地域については、気候状態が異なる場合でも同じ地域に分類されてしまう可能性があると言える。

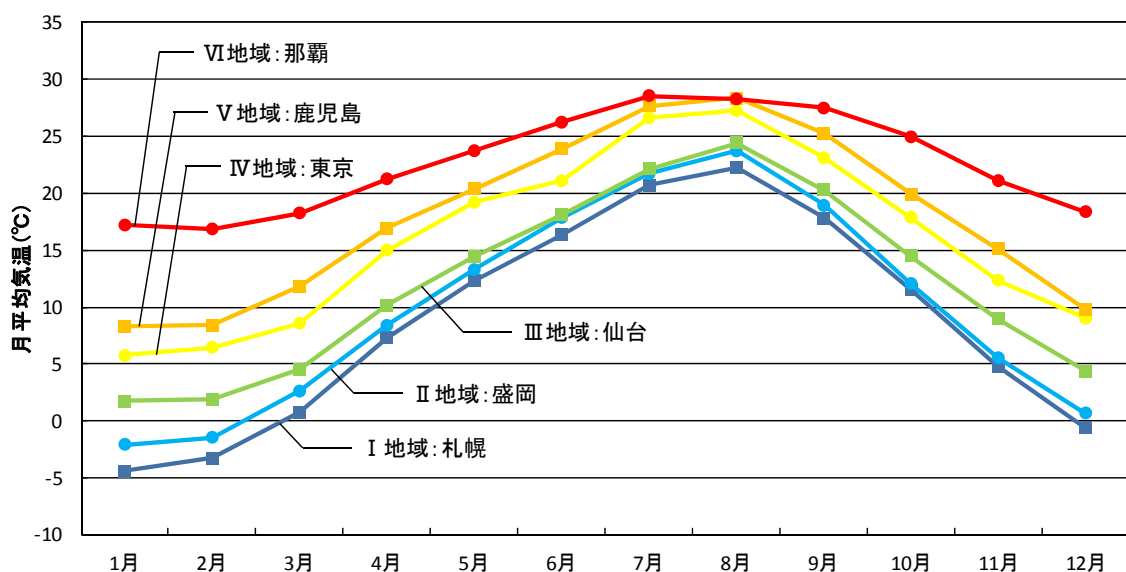


図 1.1.3(d) 地域別月平均気温



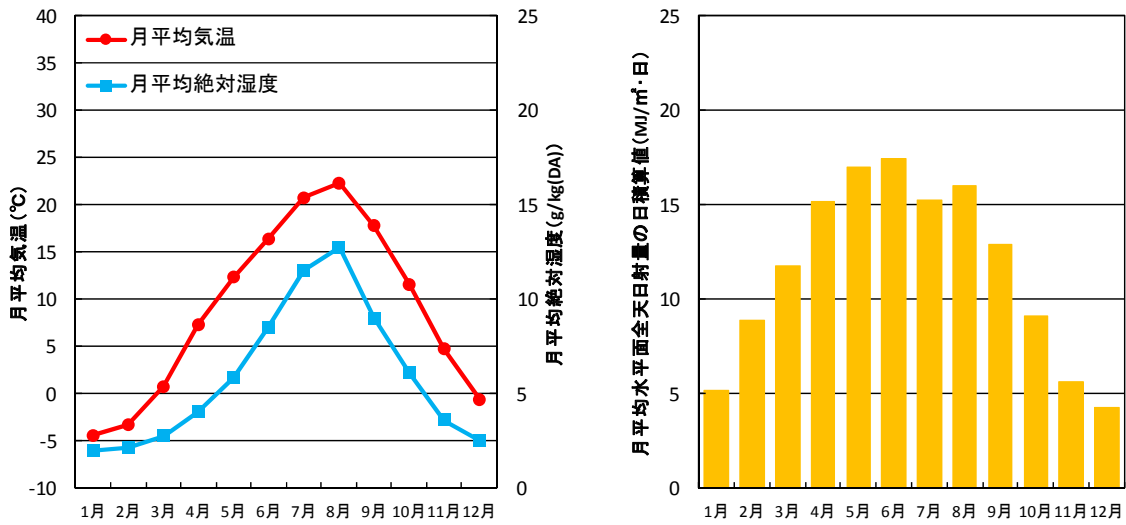


図 1.1.3(e) 気温・絶対湿度・日射量の月平均値 (I 地域：札幌)

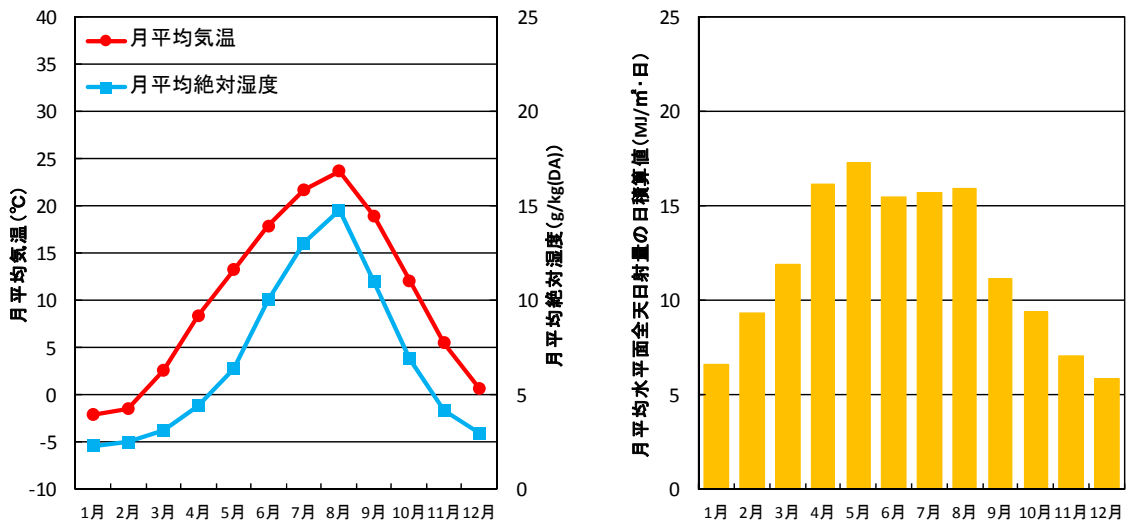


図 1.1.3(f) 気温・絶対湿度・日射量の月平均値 (II 地域：盛岡)

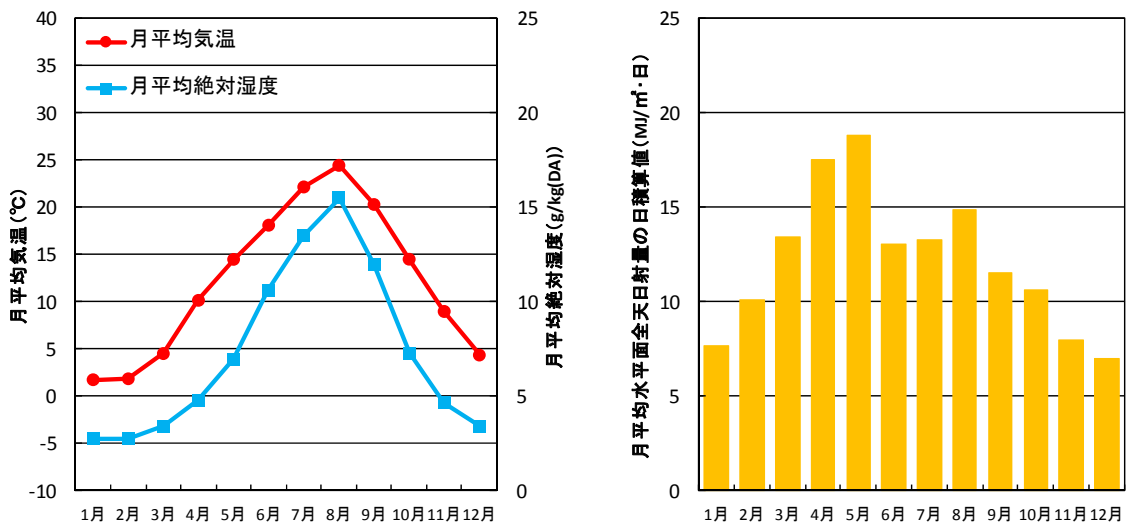


図 1.1.3(g) 気温・絶対湿度・日射量の月平均値 (III 地域：仙台)

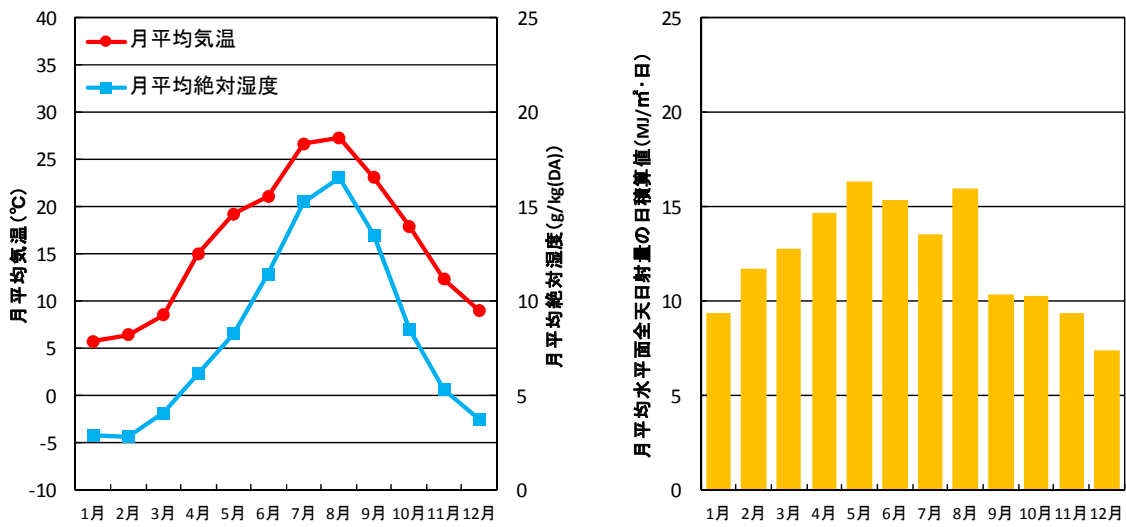


図 1.1.3(h) 気温・絶対湿度・日射量の月平均値 (IV地域：東京)

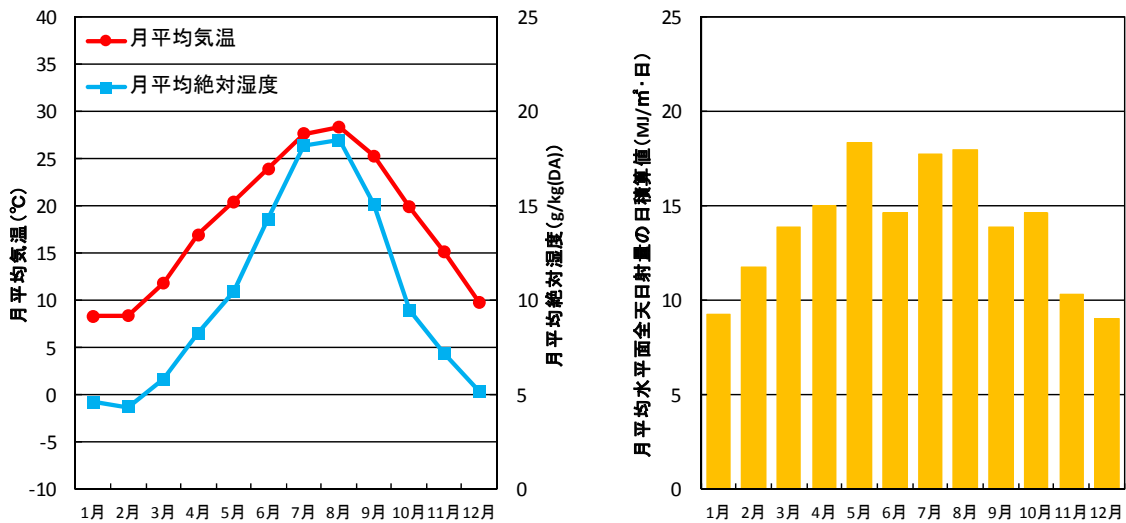


図 1.1.3(i) 気温・絶対湿度・日射量の月平均値 (V地域：鹿児島)

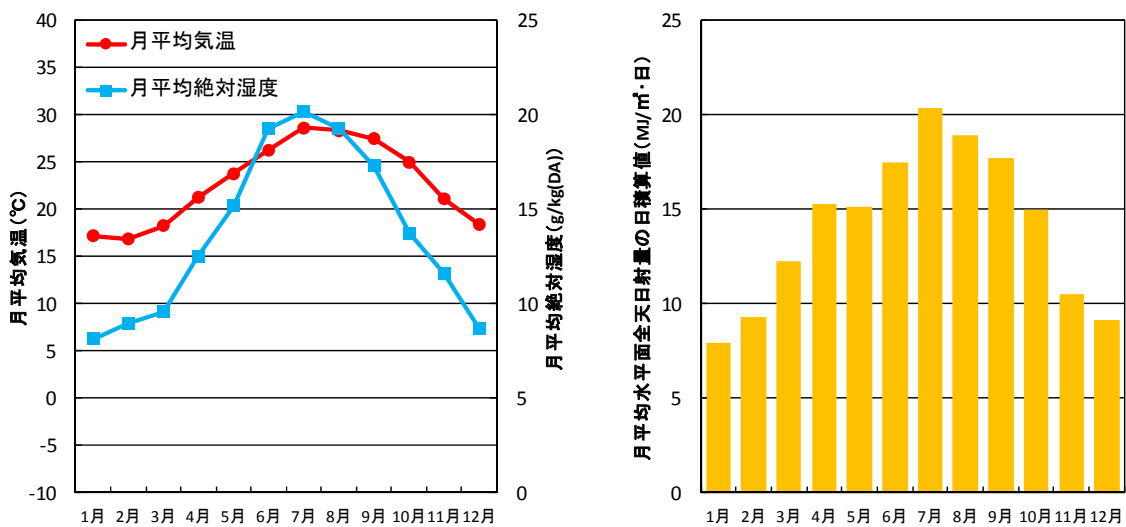


図 1.1.3(j) 気温・絶対湿度・日射量の月平均値 (VI地域：那覇)

図 1.1.3(e)から図 1.1.3(j)には各地域の気温、絶対湿度、日射量を示す。気温については前述したように各地域での区分がおおよそ適切になされている。ここでは新たに絶対湿度及び日射量の二つの気象要素について確認を行う。絶対湿度の最大値を比較すると I 地域で約 12.5g/kg(DA)であるのに対し、VI地域では約 20g/kg(DA)となっている。この増加傾向は I 地域から順にみられる。また、年間の絶対湿度の推移については、各地域ほぼ同様の傾向にあることが分かる。

一方日射量について、水平面全天日射量の日積算値には I 地域から順をなして変化するという特徴は現れず、年間の推移についても各地域に一貫性がみられない。図に示す日射量の傾向は各地域の代表都市によるもので、各都市の立地条件や地形等の影響が反映された結果と思われる。この点において、住宅の省エネルギー基準に定める地域区分はすべての気象要素を区分できるものではなく、日射量については該当していないと言える。これは、暖房度日が気温を用いて算定する気候指標であり、気温と相関の高い絶対湿度では一定の区分がなされるが、あまり相関のみられない日射量については、異なる気候区分[7]に従うためと考えられる。絶対湿度、日射量はともに住宅の空調熱負荷等に影響を及ぼすことが分かっている気象要素であるため、今後地域区分とこれら気象要素との関係は整理する必要がある。

## (2)建築物の省エネルギー基準における地域区分

建築物の省エネルギー基準では、断熱性を規定するため PAL 値が用いられる。前述した通り簡易的な PAL 値算定の際の年間暖冷房負荷計算において拡張デGREE法[8],[9],[10],[11]を用いた算定方法が用意されており、その中で地域の区分が利用されている。拡張デGREE法では、建物外皮の貫流熱や透過日射量、内部発熱、実効放射熱、換気熱の移動と建物の使用スケジュールを考慮して 12 地域、8 方位と水平面の年間暖冷房負荷を算定することが可能である。以下、式 1.1.3(a)から式 1.1.3(f)に年間暖冷房負荷の算定式を示す。

<年間暖房負荷の算定>

$$q_H = 0.0864 \cdot k_H \sum_{\text{if } (\cdot) > 0} \left\{ (U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p) \cdot (\theta_d - \theta_o) - \eta_T \cdot I_s + \frac{\epsilon'}{\alpha_o} \cdot U_T^* \cdot I_\ell - G \cdot A_p \right\} \quad (1.1.3(a))$$

$$= 0.0864 \cdot k_H \cdot U_T \sum_{\text{if } (\cdot) > 0} \left( \theta_{\text{ref}} - \theta_o - \rho \cdot I_s + \frac{\epsilon'}{\alpha_o} \cdot \sigma \cdot I_\ell \right) \quad (1.1.3(b))$$

$$= 0.0864 \cdot k_H \cdot U_T \cdot \text{EHD} \quad (1.1.3(c))$$

<年間冷房負荷の算定>

$$q_C = 0.0864 \cdot k_C \sum_{\text{if}( ) > 0} \left\{ (U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p) \cdot (\theta_o - \theta_d) + \eta_T \cdot I_s - \frac{\epsilon'}{\alpha_o} \cdot U_T^* \cdot I_\ell + G \cdot A_p \right\} \quad (1.1.3(d))$$

$$= 0.0864 \cdot k_C \cdot U_T \sum_{\text{if}( ) > 0} \left( \theta_o - \theta_{\text{ref}} + \rho \cdot I_s - \frac{\epsilon'}{\alpha_o} \cdot \sigma \cdot I_\ell \right) \quad (1.1.3(e))$$

$$= 0.0864 \cdot k_C \cdot U_T \cdot \text{ECD} \quad (1.1.3(f))$$

式中の記号は以下に示す通りである。

[記号]

$q_H$	: 年間暖房負荷 [MJ/年]
$q_C$	: 年間冷房負荷 [MJ/年]
$k_H$	: 各種建物用途に対する暖房期間の地域補正係数 [ - ]
$k_C$	: 各種建物用途に対する冷房期間の地域補正係数 [ - ]
EHD	: 拡張暖房デGREEデー [°C・日]
ECD	: 拡張冷房デGREEデー [°C・日]
$U_T^*$	: 外皮の総熱貫流率 [W/K]
$C_v$	: 容積比熱 [MJ/(m <sup>3</sup> ・K)]
$V$	: 取入外気量(単位床面積当り) [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・h)]
$A_p$	: ペリメータゾーンの床面積 [m <sup>2</sup> ]
$\theta_d$	: 設計室温 [°C]
$\theta_o$	: 外気温度 [°C]
$\eta_T$	: 総日射侵入率 [m <sup>2</sup> ]
$I_s$	: 日射量 [W/m <sup>2</sup> ]
$\epsilon'$	: 長波放射率 [ - ]
$\alpha_o$	: 外表面熱伝達率 [W/(m <sup>2</sup> ・K)]
$I_\ell$	: 実効放射量 [W/m <sup>2</sup> ]
$G$	: 内部発熱密度 [W/m <sup>2</sup> ]
$U_T = U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p$	: 総熱貫流率 [W/K]
$\theta_{\text{ref}} = \theta_d - G \cdot A_p / U_T$	: 参照温度 [°C]
$\rho = \eta_T / U_T$	: 侵入貫流比 [K・m <sup>2</sup> /W]
$\sigma = U_T^* / U_T$	

0.0864 は、単位変換(日⇒時間、Wh⇒MJ)のための係数

式 1.1.3(c)、式 1.1.3(f)から年間暖冷房負荷は、暖冷房期間の地域補正係数と総熱貫流率に拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーを乗じることで算定できることが分かる。式 1.1.3(b)、式 1.1.3(e)で拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーにあたる部分に含まれる $\sigma$ は $0 \leq \sigma \leq 1$ の範囲内で変動するパラメータである。しかし、その他のパラメータが一定であるとき $\sigma$ は拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーに大きな影響を与えないことが知られている。[9]そのため、 $\sigma=1$ と仮定し、拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーは、地域、方位、侵入貫流比、参照温度をパラメータとして拡張デグリーデー表[11]にまとめられている。このときパラメータとなる地域において地域区分が用いられる。この地域区分では図 1.1.3(k)に示すように全国を A 地域から L 地域までの 12 地域に区分している。基本的に都道府県を地域単位として区分が行われるが、区分の境界域付近では市や郡を地域単位とした細かな区分も行われる。

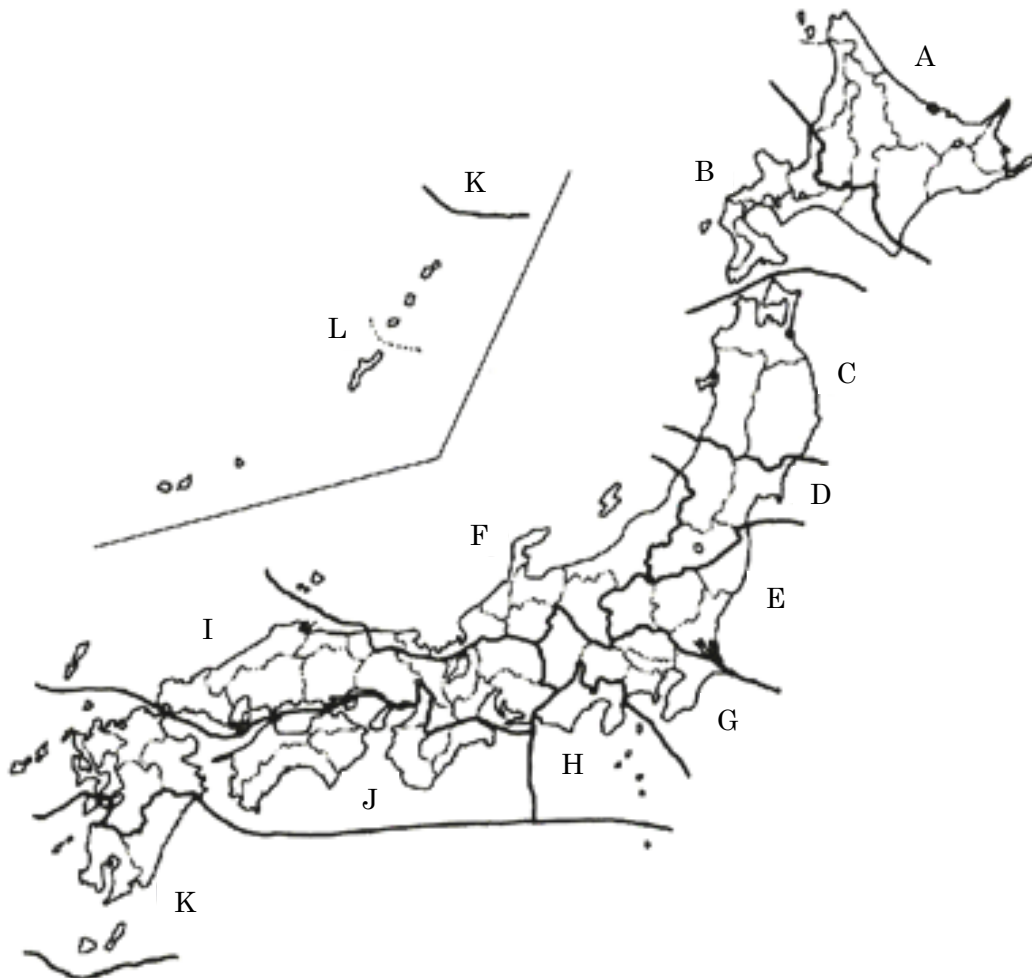


図 1.1.3(k) 拡張デグリーデー法における地域区分

#### 1-1-4. 地域区分と気候区分

省エネルギー基準で用いられる地域区分については、地域の気候状態に基づいて行われることが重要である。この重要となる地域の気候状態を表したものとして世界、国内についてさまざまな気候区分が示されている。世界の気候区分については、ケッペンの気候区分[12]が有名である。表 1.1.4 に示すようにケッペンの気候区分は、対象地域の植生を基礎に、気温と降水量を加味して気候区分がなされる。また、世界の気候区分には大気循環を考慮して表したアリソフの気候区分[13]や地表面における水収支を通して区分したソーンスウェイトの気候区分[14]等あらゆる区分が存在する。このように多角的に気候状態を捉えた気候区分が試みられている。日本においても、気温、降水量、日照率、水分過剰量から気候状態を判断した関口の気候区分[15]や鈴木の気候区分[16]、福井の気候区分[17]等が気候区分として挙げられる。さらに建築分野に目を向けると、省エネルギー住宅システムの開発報告書[18],[19]等での気候区分の検討がなされている。詳細は 1-3 節で述べる。

上記したように地域に応じた気候状態を把握するための気候区分については、国内外においてさまざまな視点で行われていることが分かる。本論ではこのような気候区分の整備状況を踏まえて、省エネルギー基準での地域区分に利用できる適切な気候区分についての考察を必要とする。

表 1.1.4 ケッペンの気候区分

気候区分	記号	区分の基準
A.熱帯気候(樹木気候)		$18^{\circ}\text{C} \leq (\text{最寒月平均})$
熱帯雨林気候	Af	最少雨月雨量60mm以上
熱帯モンスーン気候	Am	最少雨月雨量(y)60mm未満、かつ年降水量(x): $y \leq 100 - x/25$
サバナ気候	Aw	最少雨月雨量(y)60mm未満、かつ年降水量(x): $y \geq 100 - x/25$
B.乾燥気候(無樹木気候)		
ステップ気候	BS	f気候: $t+7 \leq r < 2(t+7)$ , w気候: $t+14 \leq r < 2(t+14)$ , s気候: $t \leq r < 2t$
砂漠気候	BW	f気候: $r < t+7$ , w気候: $r < t+14$ , s気候: $r < t$
C.温帯気候(樹木気候)		$-3^{\circ}\text{C} \leq (\text{最寒月平均}) < 18^{\circ}\text{C}$
温暖湿潤気候	Cfa	$22^{\circ}\text{C} \leq \text{最暖月平均気温}$
西岸海洋性気候	Cfb	最暖月平均気温 $< 22^{\circ}\text{C}$ 、かつ平均気温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 4月以上
温帯夏雨気候	Cw	(夏の最多雨月雨量) $\geq$ (冬の最少雨月雨量) $\times 10$
地中海性気候	Cs	(冬の最多雨月雨量) $\geq$ (夏の最少雨月雨量) $\times 10$
		かつ(夏の最少雨月雨量) $< 30\text{mm}$
D.冷帯気候		(最寒月平均) $< -3^{\circ}\text{C}$ 、かつ $10^{\circ}\text{C} \leq (\text{最暖月平均})$
冷帯湿潤気候	Dfa	年中多雨
冷帯冬季少雨気候	Dw	(夏の最多雨月雨量) $\geq$ (冬の最少雨月雨量) $\times 10$
E.極気候(無樹木気候)		(最暖月平均) $< 10^{\circ}\text{C}$
ツンドラ気候	ET	$0^{\circ}\text{C} \leq (\text{最暖月平均}) < 10^{\circ}\text{C}$
氷雪気候	EF	(最暖月平均) $< 0^{\circ}\text{C}$

r:年降水量(cm),t:年平均気温( $^{\circ}\text{C}$ ),f:湿潤,w:冬乾燥,s:夏乾燥

---

## 1-2. 研究目的

本論では、省エネルギー基準において用いられる地域区分について、現状の課題を整理し、新たな地域区分法による適切な地域区分の提案を目的とする。本論で解決を目指す主な課題は以下に示す3点である。

### (1)標高による影響の考慮

現行の地域区分では一つの市区町村に対して一つの地域を設定するため、各市区町村内に標高等の影響による気候的差異が生じていた場合でも同一の区分が適用されてしまう。この問題への対応方法として新たに標高を考慮した地域区分法の提案が必要である。

### (2)冷房負荷の考慮

住宅の暖冷房負荷に占める暖房負荷の割合が高いことから、現行の地域区分では暖房負荷のみに着目し地域を区分している。しかし、近年の冷房需要の拡大や南西諸島をはじめとした温暖な地域での冷房負荷の現状を鑑みると、冷房負荷についても何らかの方法により考慮しなければならないと思われる。よって、現行の地域区分で考慮されていない冷房負荷についても考慮した新たな地域区分法の提案は必至である。

### (3)住宅と非住居系建築物による地域区分の統合

現行の地域区分では住宅と非住居系建築物において区分が異なる。このため、複合用途等の建築物を想定した場合、一つの建築物に対して二つの区分が存在することとなり、混乱を招く可能性がある。そこで、これら二つの地域区分の区分を統合することによって明快な地域区分とすることが望まれる。

これらの課題を解決した本論の成果として、全国の任意地点における標高や暖冷房負荷を考慮した新たな地域区分法による地域区分が整備できれば、建築物の建設時に適切な省エネルギー対策を講じることが可能となる。よって、本論における研究成果には建設部門における消費エネルギーの削減等の社会貢献が大きく期待される。

## 1-3. 既往研究と本研究の位置付け

省エネルギー基準における地域区分の方策について直接的に論じられた文献は見受けられない。この点において本論で提案する新たな地域区分法に関する研究は先駆的な研究と言える。なお、省エネルギー基準における地域区分の直接的な研究ではないが、地域区分において必要となる建築分野での気候区分を扱った研究としては、前述した省エネルギー住宅システムの開発報告書での気候区分についての考察事例が確認できる。本論ではこの既往研究を参照し、気候区分についての考察の足掛かりとする。また、国外に目を向けると、各国省エネルギー基準等において日本同様に地域区分が用いられている。1-3-1節では

---

建築分野での気候区分の研究詳細について、1-3-2 節では国外の地域区分の動向について述べる。

### 1-3-1. 建築分野に関する気候区分

省エネルギー住宅システムの開発報告書では、日本全国 152 地点の気象官署の 1951 年から 1980 年の 30 年間の月別気象統計値を利用して M 値[20]を算定し、目的変数を M 値、説明変数を緯度、標高とした重回帰分析が行われる。この重回帰分析の結果、M 値と緯度、標高に高い相関があることが示されており、日本全国の気候分布には緯度、標高が大きく関わっていることが分かる。しかし、一方で冬期の太平洋側と日本海側の天候の違いのような特有の気候状態による緯度、標高以外の要因に起因した気候分布への影響も示唆されている。本論では既往の研究で示されるこれら考察を踏まえ、緯度、標高の影響に留意して、地域区分に必要な気候区分を整備する。

### 1-3-2. 国外の地域区分

国外においても日本同様に適切な省エネルギー水準を定めるため、国土をいくつかの地域に区分して省エネルギー対策を講じている。表 1.3.2 に各国で定められる地域区分[21]について、区分数及び地域区分の判断基準等を示す。表に示されるように適用される各国において地域区分の判断基準が異なることが分かる。これは、各国における気候状態や省エネルギー対策への行政的思考が異なることが理由として挙げられる。これら日本以外の国での地域区分から、地域区分の判断基準として暖房度日以外に冷房度日や平均気温等が利用されることが分かった。本論では、これら国外における地域区分も踏まえて、暖房度日による地域区分に限定しない、より適切な地域区分の構築を目指す。

表 1.3.2 各国における地域区分

国名	面積(万km <sup>2</sup> )	住宅における地域区分	
		区分数	判断基準
日本	38	6	暖房度日
アメリカ	963	8	暖房度日・冷房度日
中国	964	3	暖房度日・冷房度日・最寒月の平均気温・最暑月の平均気温
カナダ	998	4	暖房度日
オーストラリア	769	8	暖房度日・1月午後3時の水蒸気圧の平均・1月の最高気温の平均 7月の平均気温・高山地帯の有無

## 1-4. 論文構成

本論文は以下の構成とする。

### 第1章 序論

序論として、研究背景、研究目的を述べ、既往研究を示して本研究の位置付けを行う。



---

## 第2章 住宅の暖冷房負荷と気候指標の関係性

第2章では、住宅の暖冷房負荷と暖房度日、冷房度日、暖房デグリーM値、冷房デグリーM値の4気候指標との関係性を明らかにする。また、気候指標との関係性を明らかにする前段階として、気温、絶対湿度、日射量の3気象要素と暖冷房負荷との関係性についても考察する。

## 第3章 日本における気候分布と標高の関係性

第3章では、第2章で示す気候指標による日本全国の気候分布を作成し、気候指標による地域的な傾向を分析する。特に、気候状態への影響が既往研究においても示唆される緯度及び標高に関する気候分布の傾向には注視する。また、標高との関係性を踏まえて、海拔0mにおける気候分布の作成考察を試みる。さらに、緯度、標高以外の気候状態への影響が考えられる都市化の程度や地形的要因についての分析も行う。

## 第4章 標高を考慮した地域区分法

第4章では、任意地点での暖房度日の推定法を確立し、推定される暖房度日による地域区分を試みる。このとき、暖房度日の推定において、標高の影響を加味する手法を取り入れることで、現行の地域区分において考慮されていない標高の影響を考慮した新たな地域区分法を目指す。

## 第5章 暖冷房負荷を考慮した地域区分法

第5章では、現行の地域区分において考慮されていない冷房負荷を考慮した新たな地域区分法の提案を行う。このとき、冷房負荷を考慮するために冷房度日を用いるが、第4章での暖房度日推定法を参照して冷房度日を任意地点において推定できるように工夫する。また、推定された冷房度日については単独で地域区分することなく、暖房度日の推定値と組み合わせた形での地域区分法を目指す。

## 第6章 非住居系建築物における地域区分法

第6章では、非住居系建築物における現行の地域区分を検証し、区分及び各区分で選定される代表都市の妥当性について考察する。さらに、第5章までに提案する住宅における暖冷房負荷を考慮した新たな地域区分法を非住居系建築物における地域区分に適用することで、二つの地域区分における区分の統合を図る。

## 第7章 総括

本研究で得られた知見、成果を集約する。

図1.4に本論文の構成を示す。

---

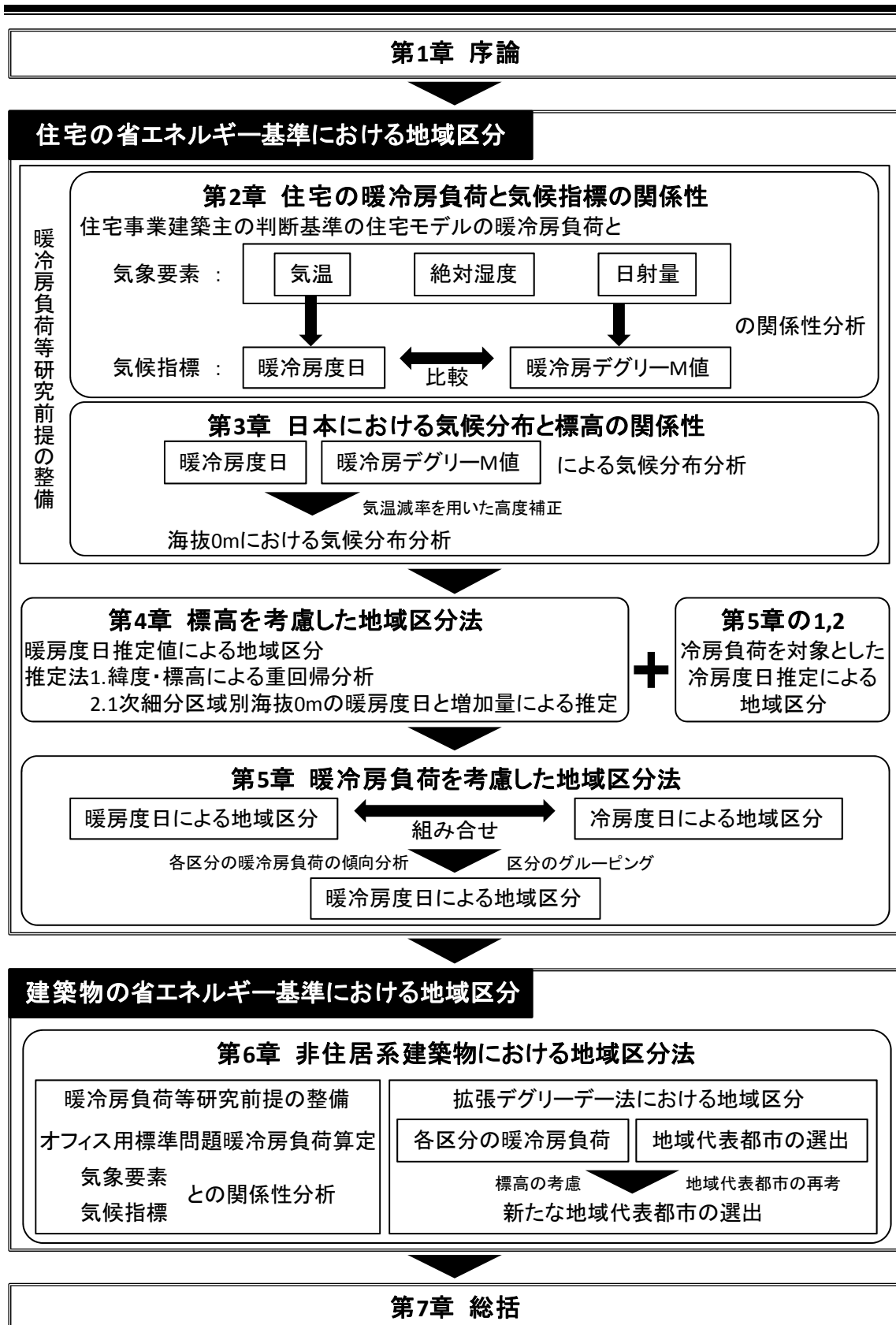


図 1.4 本論文の構成

---

**1-5. 第 1 章の参考文献**

- [1]経済産業省資源エネルギー庁：総合エネルギー統計, [http://rnavi.ndl.go.jp/research\\_guide/entry/theme-honbun-102156.php](http://rnavi.ndl.go.jp/research_guide/entry/theme-honbun-102156.php) (2012 年 11 月 21 日参照)
- [2]IEA 統計： <http://www.iea.org/> (2012 年 11 月 21 日参照)
- [3]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説,2002
- [4]財団法人建築環境・省エネルギー機構：建築物の省エネルギー基準と計算の手引き 性能基準(PAL/CEC),2004
- [5]赤坂裕,荒井良延,井川憲男,石野久彌,永村悦子,永村一雄,郡公子,曾我和弘,西岡真稔,二宮秀與,松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000,日本建築学会,株式会社鹿児島TLO,pp.1-223,2005
- [6]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準 ガイドブック,2009
- [7]鈴木敏文：太陽エネルギーシステム研究開発(気象調査)報告書その 3,1975
- [8]松尾陽：期間熱負荷予測のためのデグリーデー法の拡張について,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.505-506,1979
- [9]松尾陽,荒井良延,熊野直人：拡張デグリーデー法に関する検討(その 1)自然換気を考慮した期間熱負荷の推定,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.597-598,1981
- [10]荒井良延,松尾陽,熊野直人：拡張デグリーデー法に関する検討(その 2)日平均日射量の処理について,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.599-600,1981
- [11]財団法人住宅・建築省エネルギー機構：改訂拡張デグリーデー表 地域別拡張デグリーデー表 日除け効果係数チャート,1999
- [12]水野充治,山下修二：気象学入門,古今書院,1985
- [13]佐藤裕：地理教育への提言-大気大循環に基づいた気候学習-ケッペンよりアリソフの気候区分図を,地理 第 34 巻 第 4 号,1989
-

[14]Thorntwaite: The climates of North America according to a new classification, Geog Rev, 21, pp.633-655, 1931

[15]関口武: 日本の気候区分, 東京教育大学地理学研究報告 N0.3, pp.65-78, 1959

[16]鈴木秀夫: 日本の気候区分, 地理学評論 Vol.35, pp.205-211, 1962

[17]福井英一郎: 日本におけるソーンズウェイトの新気候区分, 東京教育大学地理学研究報告 N0.1, pp.103-112, 1957

[18]建設省: 建設省総合技術開発プロジェクト, 省エネルギー住宅システムの開発報告書, 1982

[19]松尾陽, 村上周三, 宮田紀元, 鎌田元康, 坂本雄三: 建築と気象, 朝倉書店, pp.60-66, 1986

[20]松尾陽, 赤坂裕, 石野久彌, 滝沢博他: 標準気象データに関する研究, 空気調和・衛生工学 第48巻 第7号, pp.85-107, 1974

[21]M. Evans, B. Shui and A. Delgado: Shaping the energy efficiency in new buildings, A comparison of building energy codes in the Asia-Pacific region, Pacific Northwest National Laboratory, 2009

## 第2章 住宅の暖冷房負荷と気候指標の関係性

---



## 第2章 住宅の暖冷房負荷と気候指標の関係性

住宅における地域区分を行うにあたり、最初に日本全国の住宅の暖冷房負荷の状況について分析する。地域区分には、暖冷房負荷の状態が同程度と判断できる地域を区分するという趣旨があるため、前提となる暖冷房負荷の状態を把握することが重要である。暖冷房負荷は当然建物の形態・仕様等により異なるが、本研究では住宅の暖冷房負荷算定に用いられることの多い住宅モデルを対象とした。住宅モデルの詳細については本章1節に示す。

また、暖冷房負荷と暖冷房負荷を生み出す外的要因の一つである気候状態との関わりについても本章では明らかにする。住宅の省エネルギー基準において、熱損失係数や夏期日射取得係数の基準値を決定する際に地域区分が利用されることから気温や日射量等の気象要素と地域区分の関わりが大きいことが分かる。

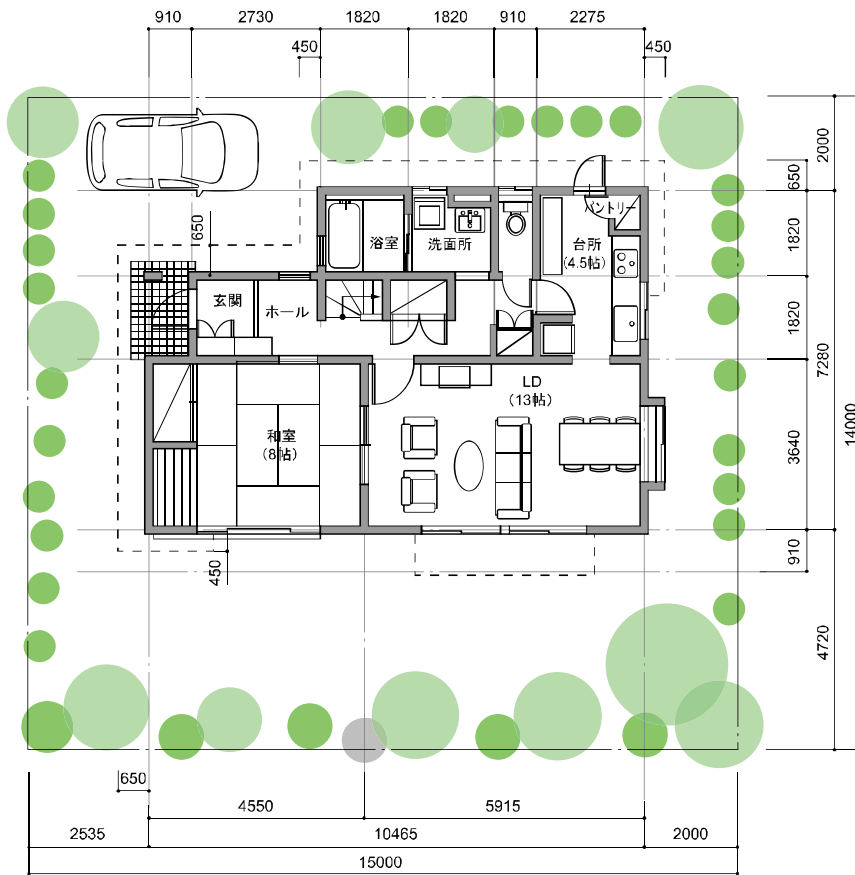
加えて、現在用いられる住宅の省エネルギー基準[1]における地域区分が、気温を基に算定された暖房度日により実施されていることから地域区分に対する気象要素の関わりが大きいことがうかがえる。気温のように気象要素は年間の変動があり、直接地域区分に用いることが困難であるため、暖房度日のように年間の気候状態を表すことが期待できる気候指標が用いられる。さらに、暖房度日は住宅の空調熱負荷において支配的である暖房負荷と相関が高いという優位性を持つことから地域区分に適した気候指標と言える。これらを踏まえて本章では、暖冷房負荷と気候指標の関係性についても分析する。

### 2-1. 住宅の暖冷房負荷算定概要

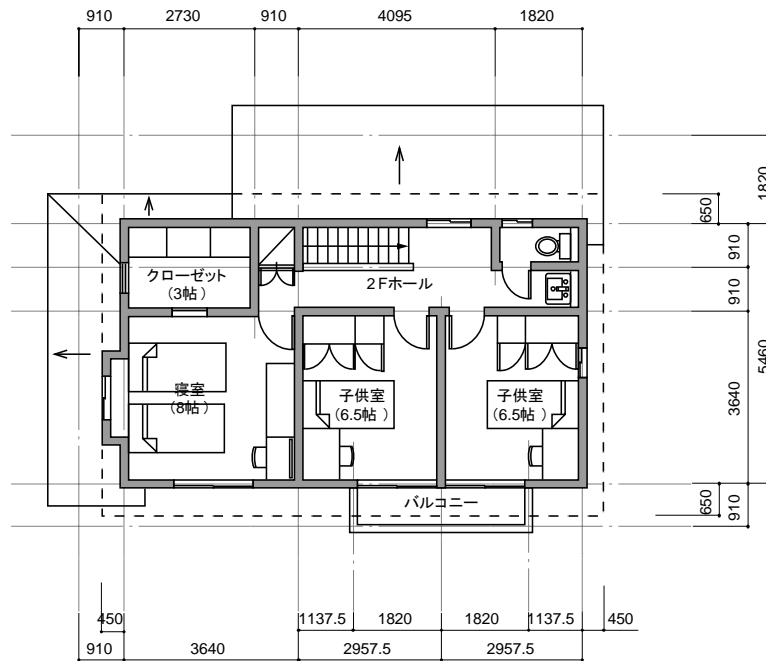
以下に示す住宅モデル、算定条件、気象データを用いて住宅における暖冷房負荷の算定を行う。

#### 2-1-1. 住宅モデル

暖冷房負荷算定に用いる対象建物は、図 2.1.1(a)に平面図、図 2.1.1(b)に立面図を示す住宅事業建築主の判断基準の住宅モデル[2]とした。延べ床面積 120.07 m<sup>2</sup>(1階：62.93 m<sup>2</sup>、2階：57.14 m<sup>2</sup>)の木造2階建てで、居室は主に1階のLDKと和室、2階の寝室と洋室(子供室)2室の計5室から構成される。住宅事業建築主の判断基準では、地域によって平面構成は同じでも開口部比率が異なる寒冷地モデルと温暖地モデルの2種類が設定されている。本研究ではこれらのうち温暖地モデルを日本全国の全地域で設定することとする。温暖地モデルの開口部の仕様について表 2.1.1 に示す。また、断熱仕様については住宅の省エネルギー基準のIV地域に適合する仕様とした。



1階平面図



2階平面図

図 2.1.1(a) 住宅事業建築主の判断基準の住宅モデル (平面図)



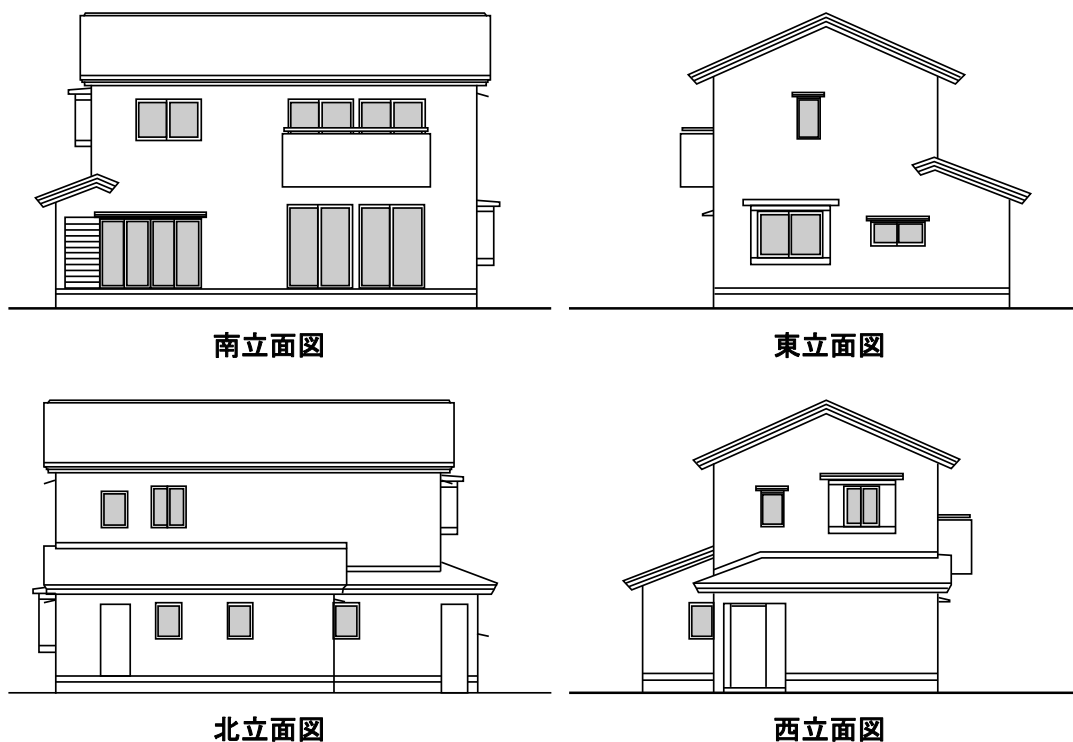


図 2.1.1 (b) 住宅事業建築主の判断基準の住宅モデル (立面図)

表 2.1.1 開口部の仕様

階	部屋	方位	温暖地モデル		
			窓サイズ(m)		窓面積 (㎡)
			幅	高さ	
1F	和室	南	2.550	1.800	4.59
	LD	南	1.650	2.100	3.47
		南	1.650	2.100	3.47
		東	1.650	1.300	2.15
	台所	東	1.400	0.700	0.98
		北勝手口ドア	0.900	1.800	1.62
	トイレ	北	0.600	0.900	0.54
	洗面所	北	0.600	0.900	0.54
	浴室	西	0.600	0.900	0.54
ホール	北	0.600	0.900	0.54	
	西玄関ドア	0.900	2.100	1.89	
2F	寝室	南	1.650	1.050	1.73
		西	0.900	1.100	0.99
	子供室1	南	1.650	1.950	3.22
	子供室2	南	1.650	1.950	3.22
		東	0.600	1.100	0.66
	ホール	北	0.900	1.100	0.99
	クローゼット	西	0.600	0.900	0.54
	2Fトイレ	北	0.600	0.900	0.54
開口面積					32.20
開口/床比率					26.80%

## 2-1-2. 算定条件

本論では、暖冷房負荷の算定に熱回路網による多数室の動的熱負荷計算プログラムである SMASH[3]を用いる。SMASH では、暖冷房温湿度、内部発熱、供給熱量等を任意に設定することで、期間暖冷房負荷や年間の最大暖冷房負荷、時別の暖冷房負荷等を算定することができる。設定する暖冷房温湿度及び暖冷房期間については表 2.1.2 に示す。また、居住者及び生活スケジュールは一般的な 4 人家族(うち子供 2 人)を想定し、内部発熱を生活スケジュールに基づき設定した。換気については、住宅の換気計画で必要な換気量を確保するため換気回数 0.5 回/h とする。

表 2.1.2 空調設定条件

	空調期間	設定温度	設定湿度
暖房	日平均気温が15℃以下となる期間	18℃	なりゆき
冷房	上記期間以外	27℃	60%

## 2-1-3. 気象データ

住宅の暖冷房負荷算定において外界条件を表す気象データの設定は、住宅モデルや空調等の条件設定と並び重要な要素の一つである。建築環境シミュレーションで用いられる気象データに関する研究は昔から国内外で広く行われている。国内では標準気象データ [4],[5],[6]、拡張アメダス気象データ [7]、欧米諸国でも TMY[8]、IWEC[9]、WYEC2[10]、TRY[11],[12],[13],[14]等の多くの研究例や開発実績がある。このようにさまざま気象データが整備されているが、本研究では拡張アメダス気象データを選択し、住宅の暖冷房負荷を算定する。

拡張アメダス気象データは、気象庁の地域気象観測所(アメダス)で観測された気象データの欠測を補充し、異常値と判断されるデータを修正し、アメダスで観測されていない日射量、絶対湿度、大気放射量のデータを補充して作成された日本全国 842 地点の特別気象データである。さらに、気温、水平面全天日射量、絶対湿度、降水量、風速の数十年間の月平均値と日別値をデータソースとして作成された標準年気象データ [15]も併せて収録されている。これらを利用することで比較的簡単に建築物の暖冷房負荷算定や熱環境シミュレーションを行うことが可能である。また、2000 年版拡張アメダス気象データのプログラムや 2003 年英文版のプログラムが一般に公開されているため、容易に利用できる気象データと言える。拡張アメダス気象データ詳細について以下に示す。

### (1)収録気象要素

さまざまな建築環境シミュレーションに適応可能な気温、絶対湿度、全天日射量、大気放射量、風向、風速、降水量、日照時間の 8 気象要素の 20 年間(1981 年から 2000 年)の特別データを収録している。また、必要に応じて夜間放射量や斜面日射量等の気象データに

についても利用することができる。SMASH 等多くの建築環境シミュレーションプログラムでは特別でのシミュレーションが行われるため、各気象要素が特別データとして収録された拡張アメダス気象データは汎用性が高い。

### (2)地点情報

拡張アメダス気象データが対象とする地点は、日本全国 842 地点のアメダス観測地点である。対象地点 842 地点は、標準気象データ(約 40 都市の気象データについて整備)のような他の気象データと比較した場合圧倒的に多い地点数である。平均的な距離で言えば、約 20km 四方に一箇所の割合で日本全国に分布していることになり、水平解像度の高い気象データであることが分かる。拡張アメダス気象データが対象とする 842 地点のアメダス観測地点の全国分布を図 2.1.3 に、地域別収録地点数を表 2.1.3 に示す。図 2.1.3、表 2.1.3 から北は北海道の宗谷岬から南は沖縄の波照間まであらゆる地域で満遍なく設置されており、その水平解像度が高いことがうかがえる。図 2.1.3 において、赤のプロットで表された点がアメダス観測地点である。このようにあらゆる地点における気象データが整備されていることは、建築環境シミュレーション等の際、より対象地点に近い周辺環境、外界条件を考慮できるという大きな利点である。

### (3)標準年気象データ

標準年気象データは、842 地点別に数十年間の拡張アメダス気象データから月別にそれぞれ平均的な年(平均月)を選択して繋ぎ合わせた仮想の1年間の気象データである。平均月は、気象データを数量化した指標を用いて選択される。また、1月から12月の平均月は、通常、月によって選択された年がまちまちであるため月の繋ぎ目が不連続となってしまう場合が考えられる。このような場合、接続前後の値を滑らかに繋がるように修正しなければならないので、拡張アメダス気象データで標準年気象データを作成するときの平均月の接続は、境目の前後12時間(前月最終日の18時からその翌月の6時まで)に対して加重平均法を用いて値を算定している。このように作成される標準年気象データは、特異な年を除いた長期間を代表する年間暖冷房負荷算定等に利用することが可能である。現在、1981年から1995年の15年間を対象とした1995年版標準年気象データ及び1991年から2000年の10年間を対象とした2000年版標準年気象データの2種類が用意されている。

(1)から(3)で述べた優位性を有する気象データであるため、本研究では住宅の暖冷房負荷算定のみならず、地域区分に必要な気候指標の導出及び建築物を対象とした暖冷房負荷算定にも拡張アメダス気象データを利用する。

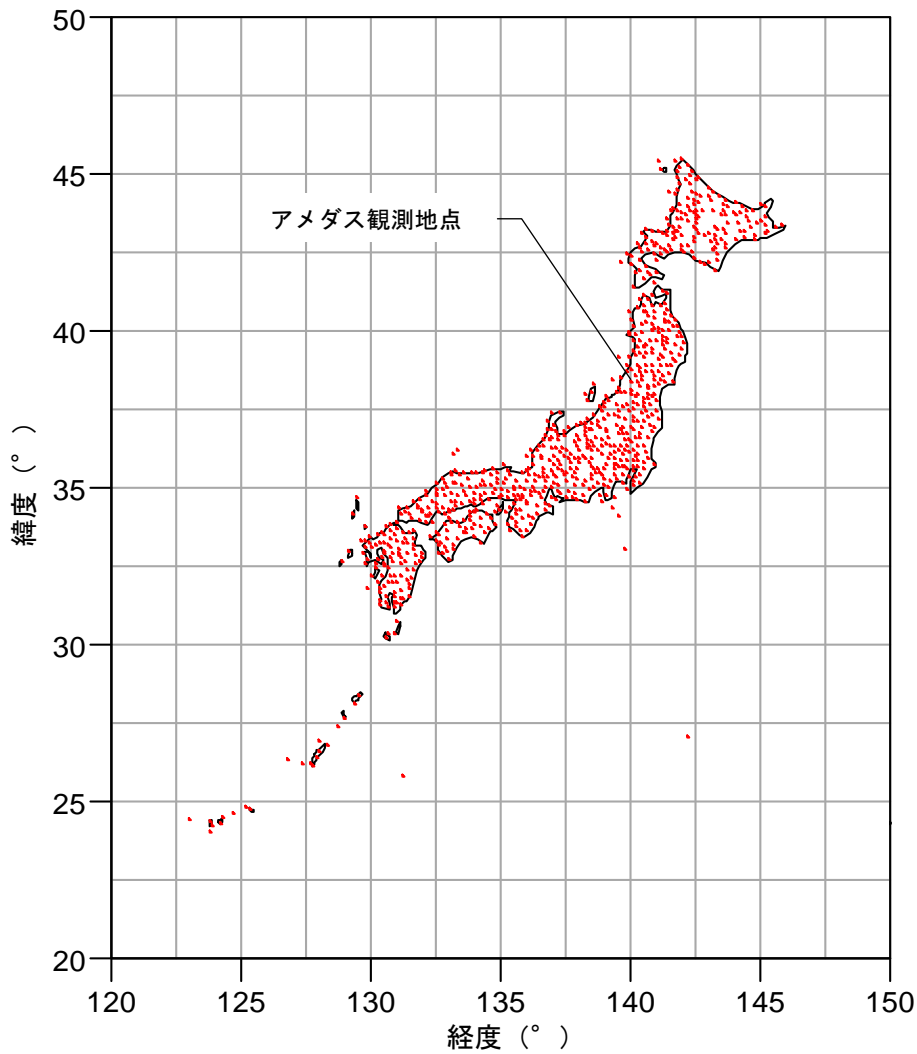


図 2.1.3 842 地点のアメダス観測地点の全国分布

表 2.1.3 拡張アメダス気象データの地域別収録地点数

地域	都道府県名 ( )内はアメダス地点数	都道府 県 数	地域別 地点数	収録 地点数
北海道	北海道, [支庁 宗谷支庁(11), 上川支庁(20), 留萌支庁(9), 石狩支庁(9), 空知支庁(12), 後志支庁(11), 網走支庁(20), 根室支庁(8), 釧路支庁(11), 十勝支庁(18), 胆振支庁(11), 日高支庁(8), 渡島支庁(8), 松山支庁(6)]	1, 14支庁	162	162
東北	青森(22), 秋田(24), 岩手(33), 宮城(18), 山形(20), 福島(29)	6	146	226
関東	茨城(14), 栃木(14), 群馬(13), 埼玉(8), 東京(12), 千葉(14), 神奈川(5)	7	80	
中部	長野(29), 山梨(10), 静岡(17), 愛知(11), 岐阜(23), 新潟(27), 富山(9), 石川(10), 福井(9)	9	145	216
近畿	大阪(7), 兵庫(19), 奈良(6), 和歌山(11), 三重(12), 滋賀(8), 京都(8)	7	71	
中国 四国	岡山(15), 広島(18), 島根(16), 鳥取(9), 徳島(8), 香川(6), 愛媛(14), 高知(15), 山口(15)	9	116	238
九州	福岡(12), 大分(14), 長崎(14), 佐賀(5), 熊本(17), 宮崎(16), 鹿児島(26), 沖縄(18)	8	122	
合 計		47		842 地点

## 2-2. 住宅の暖冷房負荷と気象要素の関係性

住宅の暖冷房負荷を算定し、気温、絶対湿度、日射量の3気象要素との関係性について分析する。ここで、気温、絶対湿度、日射量の3気象要素を対象とするのは、これら気象要素が暖冷房負荷に大きく影響することが一般的に知られているためである。

暖冷房負荷は、前述した住宅モデルを対象として SMASH により算定するが、対象とする年を決定しなければならない。拡張アメダス気象データでは前述の通り 1981 年から 2000 年までの 20 年間各年の気象データ及び 1995 年版標準年気象データ、2000 年版標準年気象データが収録されている。これら気象データより本研究で用いる気象データを選択する。本研究は地域区分を目的としているため、突発的な気象データによる分析を避ける必要があり、標準年気象データを用いることが望ましい。現在用いられる住宅の省エネルギー基準では、地域区分にあたり 1995 年版標準年気象データが参照されている。そこで、比較等を明確に行えるようにするため、本研究でも 1995 年版標準年気象データを用いることとする。なお、1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データを比較することで、これら気象データ間の差異についても論ずる。

### 2-2-1. 1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データの比較検討

1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データにおける気温より算定した暖房度日を図 2.2.1(a) で比較する。図に 1995 年版標準年気象データによる値及び 1995 年版標準年気象データに対する 2000 年版標準年気象データの比率を示す。横軸は拡張アメダス気象データにおける地点番号の順で並べられており、基本的に北海道から沖縄の順に並んでいる。図より多くの地域で 10% 以内の差となっていることが分かる。さらに、全地点の平均の比率が約 96% となることから 2000 年版標準年気象データの期間が温暖であることがうかがえる。また、南西諸島では暖房度日の値が小さいため比率に大きな影響がみられる。

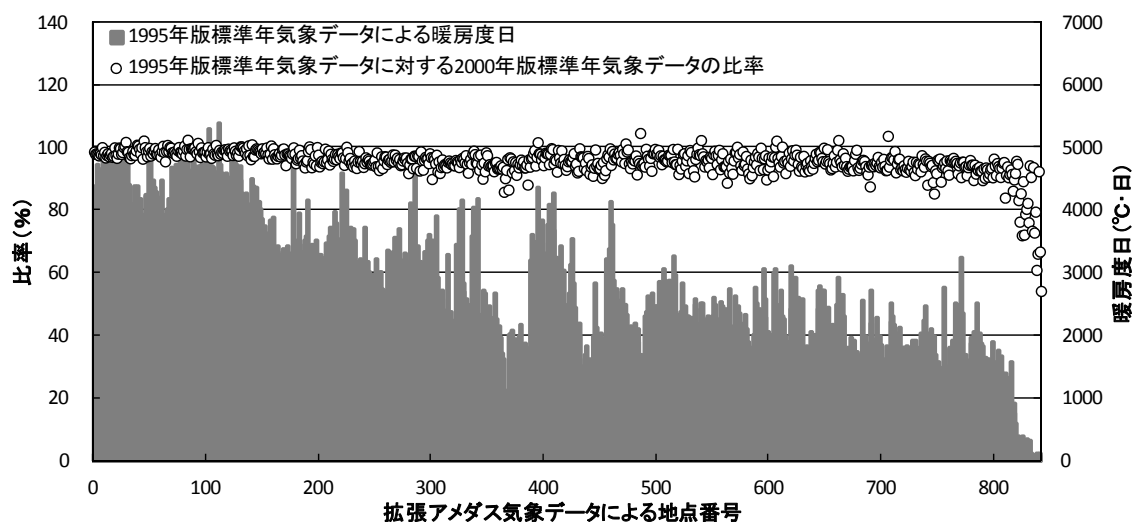


図 2.2.1(a) 1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データの比較(暖房度日)

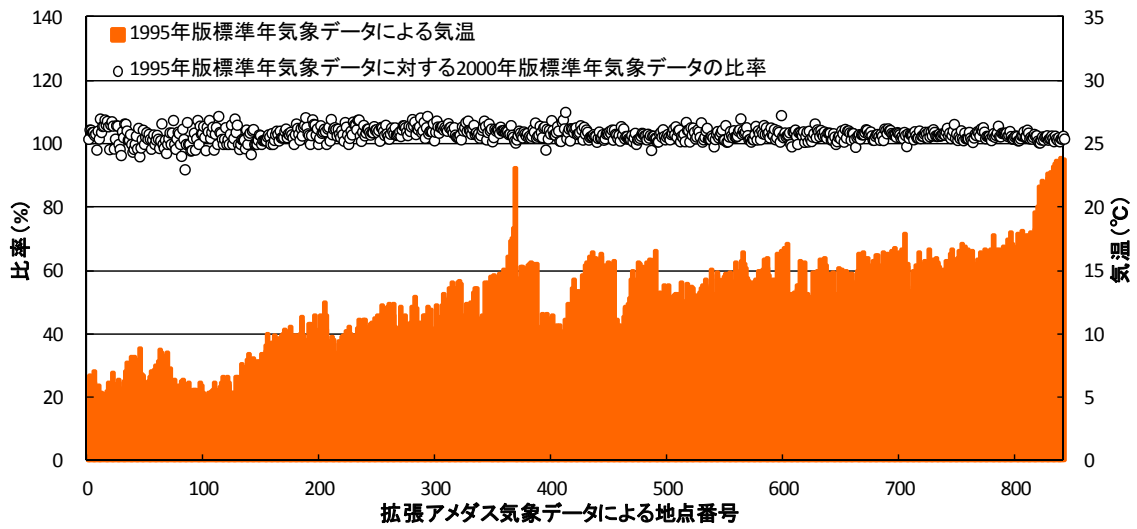


図 2.2.1 (b) 1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データの比較 (気温)

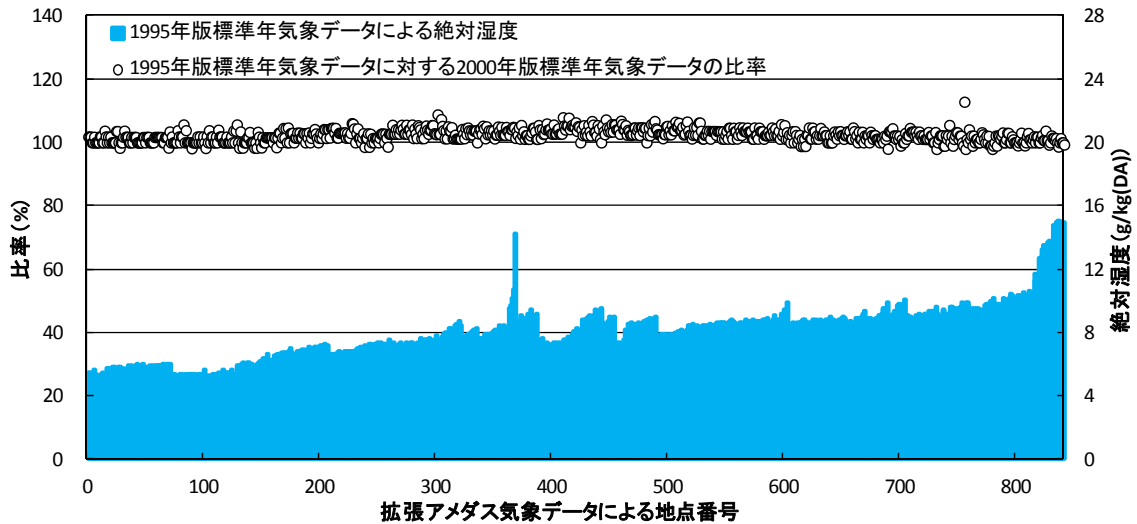


図 2.2.1 (c) 1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データの比較 (絶対湿度)

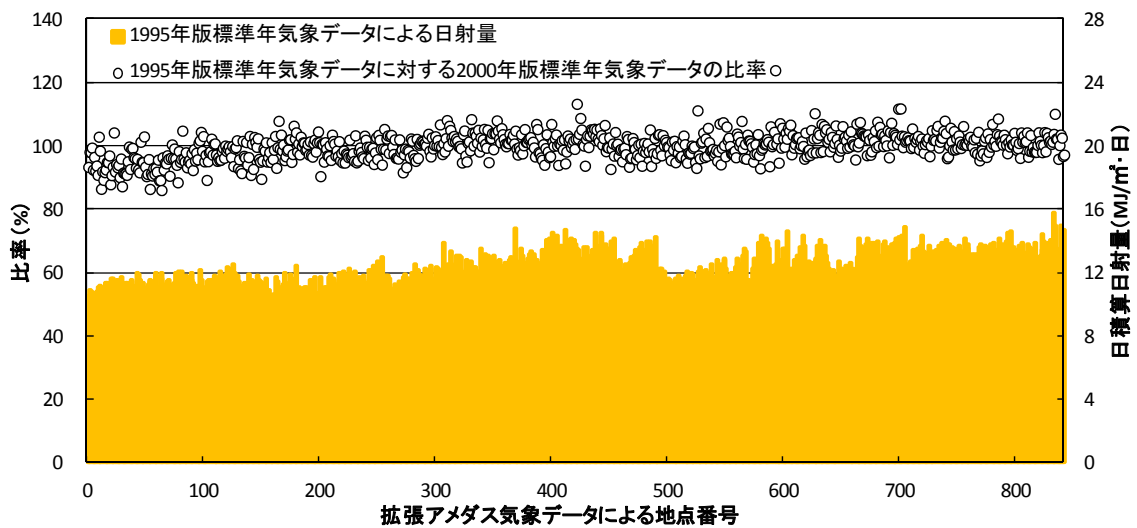


図 2.2.1 (d) 1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データの比較 (日射量)

図 2.2.1(a)同様、図 2.2.1(b)から図 2.2.1(d)にそれぞれ年平均の気温、絶対湿度、日射量の 1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データの比較を示す。図 2.2.1(b)、図 2.2.1(c)に表される比率より、気温及び絶対湿度については比較的気象データの期間の差がないことが確認できる。また、図 2.2.1(d)に示す日射量については、気温、絶対湿度程の一致が見られなかった。これは対象期間によって日射量に変化があったことを意味する。しかし、全地点においてほぼ 10%以内の差に収まっている。よって、1995 年版標準年気象データと 2000 年版標準年気象データに大きな差はないものと判断する。

## 2-2-2. 住宅の暖冷房負荷と気温の関係性

気象要素のうち住宅の暖冷房負荷に最も影響を及ぼすと考えられるものが気温であり、これについて考察する。主に壁面等からの熱貫流により負荷を生じる。図 2.2.2 に拡張アメダス気象データの 842 地点における暖冷房負荷と年平均気温の相関を示す。

左図の暖房負荷と気温の相関関係より極めて大きな関係性がうかがえる。図下部で近似直線からのズレが大きいプロットの集まりは、沖縄等の南西諸島の地域で暖房負荷が生じないことにより気温との関係性がみられない部分である。これら地域を含んだ場合でも相関係数が 0.988 と高い値を示しており、暖房負荷に対する気温の強い影響が確認できる。

また、右図の冷房負荷と気温の相関関係は暖房負荷のそれとは異なり、2 次の近似曲線で関係を示すことができる。これより、冷房負荷と気温においても大きな関係性を確認することができる。図より暖冷房負荷と気温は密接な関係にあることが分かる。

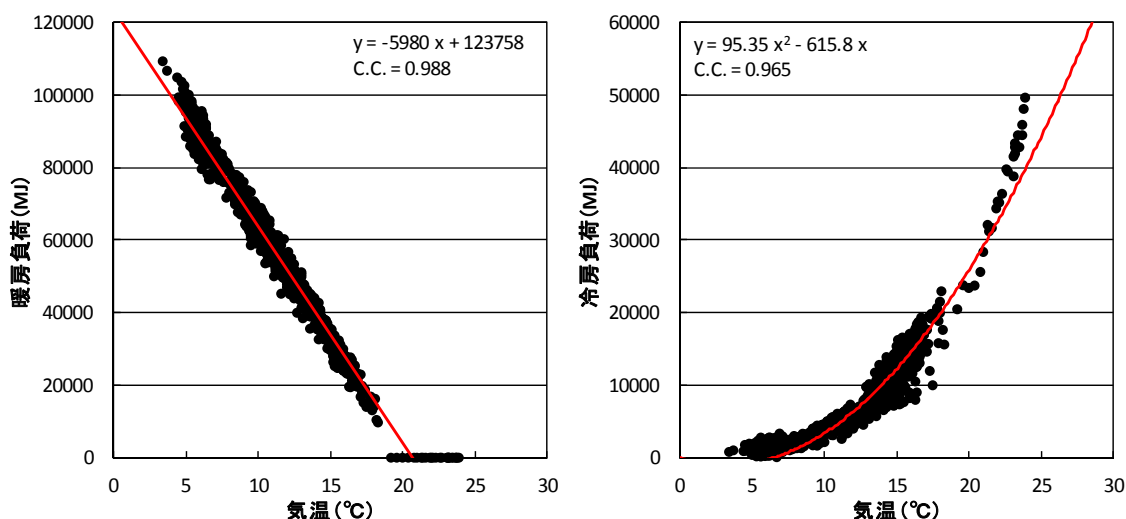


図 2.2.2 暖冷房負荷と気温の相関図

## 2-2-3. 住宅の暖冷房負荷と絶対湿度の関係性

次に住宅の暖冷房負荷に対する絶対湿度の影響を考察する。絶対湿度の状態によって室内の除湿、加湿が必要となり潜熱負荷を生じる。図 2.2.3(a)に暖冷房負荷と年平均絶対湿度

の相関を示す。

図より、近似直線及び 2 次の近似曲線からのプロットの広がりがみられ、暖房負荷、冷房負荷ともに絶対湿度との相関は気温との相関と比較してやや劣ると言える。しかし、高い相関係数から分かるように、絶対湿度は気温同様暖冷房負荷と大きな関係性を有していることが確認できる。また、暖房負荷とは近似直線の関係性、冷房負荷とは 2 次の近似曲線の関係性となる点について気温同様の傾向にある。

これは気温と絶対湿度が関係性を持った気象要素であるためと考えられる。図 2.2.3(b) に年平均気温と年平均絶対湿度の相関を示す。図及び図中の相関係数より大きな関係性をみることができる。寒冷地域では絶対湿度が小さく、反対に温暖地域では絶対湿度が大きくなるという比例の関係となっている。

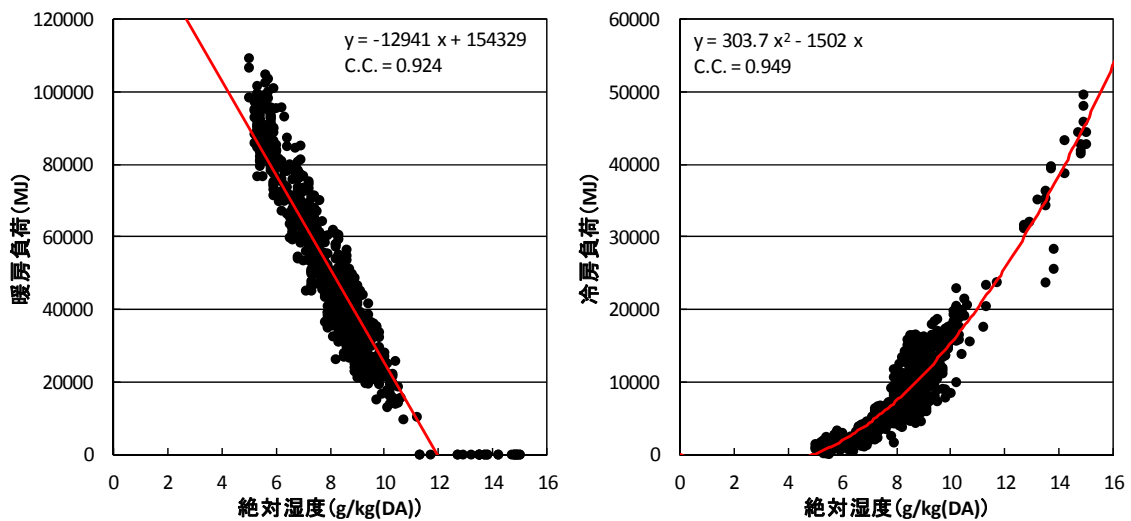


図 2.2.3(a) 暖冷房負荷と絶対湿度の相関図

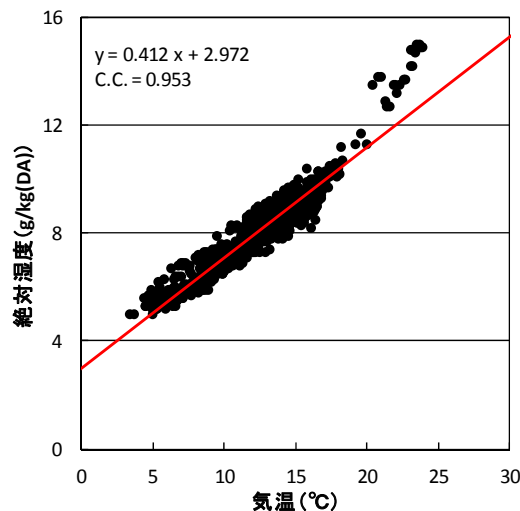


図 2.2.3(b) 気温と絶対湿度の相関図



気温と絶対湿度に比例の関係性が確認できたため、暖冷房負荷とこれら気象要素は同じような関わりを持つことが推測される。図 2.2.3(c)には、図 2.2.2 に示した暖冷房負荷と気温の相関に対して、絶対湿度による場合分けを施したものを表す。このとき行う絶対湿度による場合分けは、全地点の年平均絶対湿度の幅を鑑み、 $Hu(\text{絶対湿度}) \leq 7.5\text{g/kg(DA)}$ 、 $7.5\text{g/kg(DA)} < Hu \leq 10.0\text{g/kg(DA)}$ 、 $10.0\text{g/kg(DA)} < Hu \leq 12.5\text{g/kg(DA)}$ 、 $12.5\text{g/kg(DA)} < Hu$  の4分割とした。

前述した通り気温の低い寒冷地域では絶対湿度が小さく、反対に気温の高い温暖地域では絶対湿度が大きくなるため、図には気温が低く暖房負荷が大きい地域から気温が高く暖房負荷が小さい地域へ順に絶対湿度が大きくなることが表されている。また、冷房負荷でも気温が低く冷房負荷が小さい地域から気温が高く冷房負荷が大きい地域へ順に絶対湿度が大きくなる様子を見ることができ、よって、暖冷房負荷との気温、絶対湿度の関係性は類似していると判断する。

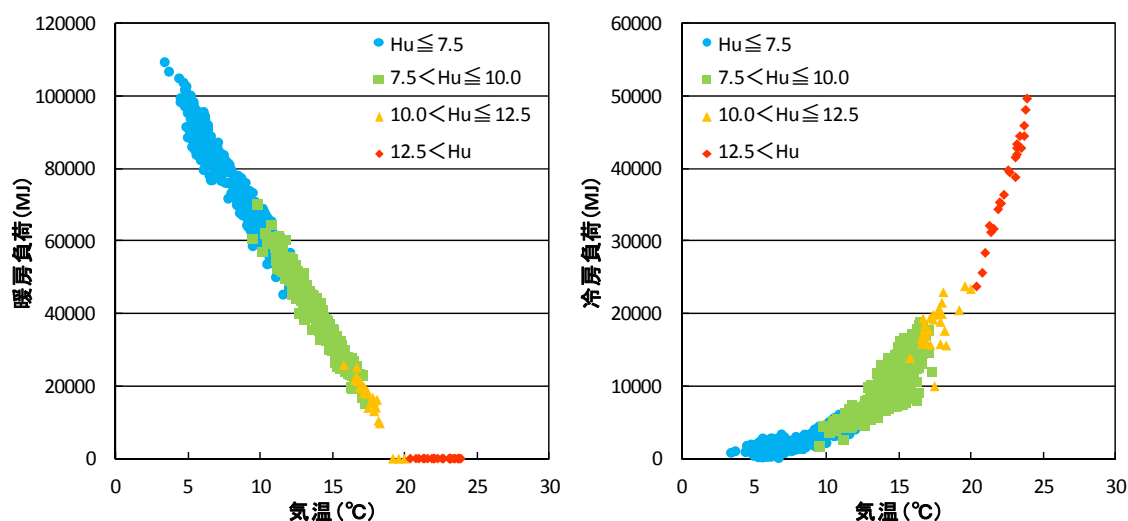


図 2.2.3(c) 暖冷房負荷と気温の相関図 (絶対湿度 (g/kg (DA)) による場合分け)

#### 2-2-4. 住宅の暖冷房負荷と日射量の関係性

最後に住宅の暖冷房負荷に対する日射量の影響を考察する。窓面等からの日射熱取得により、夏期には冷房負荷を増大させる。一方、冬期にはその日射熱取得の影響により暖房負荷の低減が見込める。このように日射量は暖冷房負荷と関係する。図 2.2.4(a)に暖冷房負荷と年平均日射量の相関を示す。

図より、日射量については暖房負荷、冷房負荷ともに高い相関がみられない。これは、気温と比較して暖冷房負荷への影響が小さいためと思われる。さらに、日射量は地形、周辺環境等に左右される気象要素であるため、暖冷房負荷に影響の大きい気温が同じ地域で日射量に差が生じ、暖冷房負荷との関係性が薄まってしまったと考えられる。つまり、気温と日射量に大きな関係性がないことが、図のプロットのばらつきに表される日射量と暖

冷房負荷に相関がみられない要因と言える。

ここで、図 2.2.4(b)に示す気温と日射量の相関を用いて気温と日射量の関係性を確認する。図より、気温と日射量の関係性は大きくないことが分かる。また、絶対湿度と日射量の関わりについても図 2.2.4(c)に示す絶対湿度と日射量の相関を用いて確認したが、気温と絶対湿度に高い相関関係があったことから分かるように気温同様相関はみられなかった。

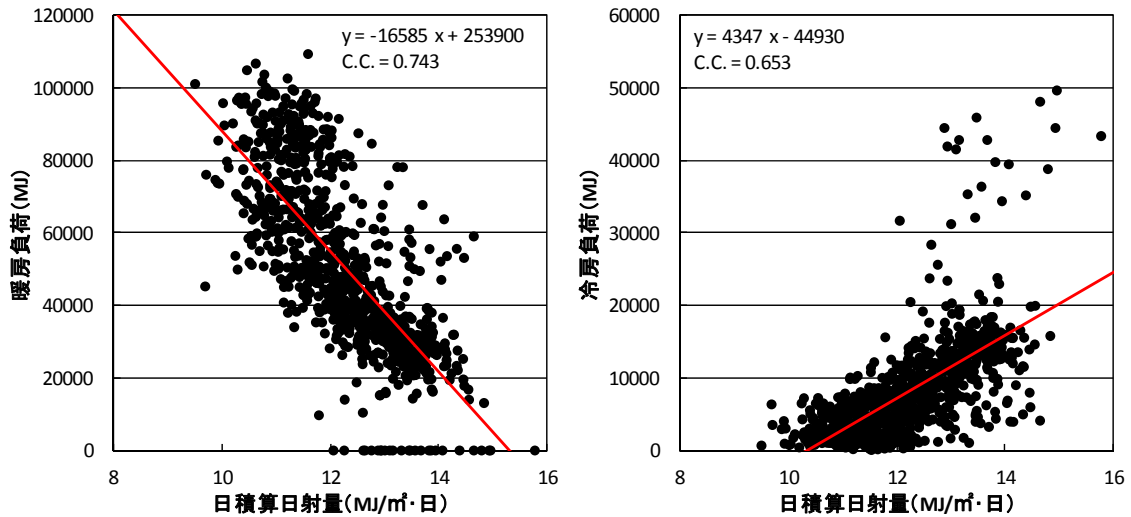


図 2.2.4(a) 暖冷房負荷と日射量の相関図

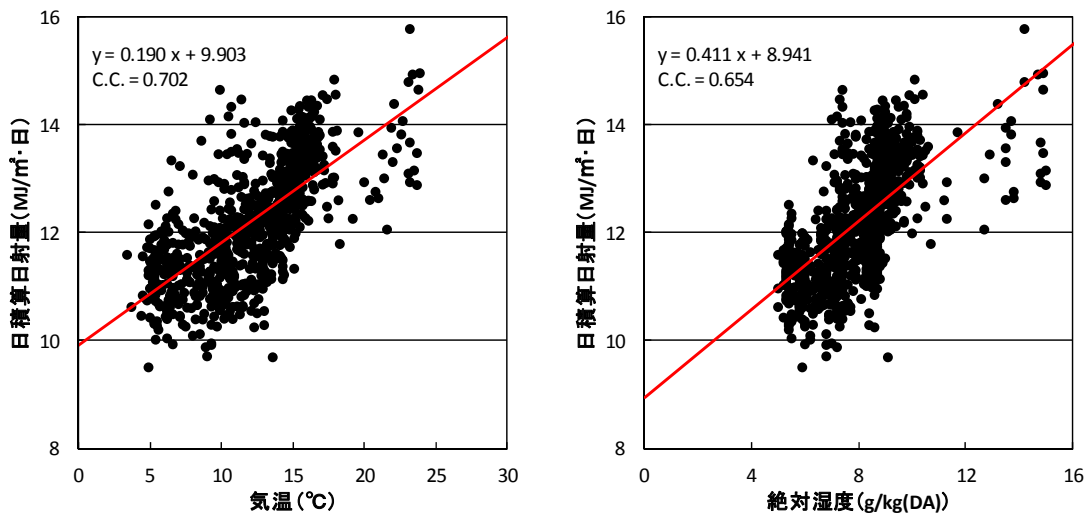


図 2.2.4(b) 気温と日射量の相関図

図 2.2.4(c) 絶対湿度と日射量の相関図

このように、気温と日射量に明確な関係性がみられないため、気温に大きく左右される暖冷房負荷と日射量の関係性が曖昧になってしまうが、日射量も暖冷房負荷を構成する気象要素であることを考慮すると全く無関係とは考えられない。そこで、図 2.2.4(d)に図 2.2.2に示した暖冷房負荷と気温の相関に対して、日射量による場合分けを施したものを表し、

暖冷房負荷に対する日射量の影響を分析する。このとき場合分けは、全地点の年平均日積算日射量の幅を鑑み、 $I(\text{日積算日射量}) \leq 11.0 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{日}$ 、 $11.0 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{日} < I \leq 12.5 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{日}$ 、 $12.5 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{日} < I \leq 14.0 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{日}$ 、 $14.0 \text{MJ/m}^2 \cdot \text{日} < I$  の4分割とした。

左図より、暖房負荷と気温の相関におけるプロットの広がりをも日射量で分割していることが分かる。具体的には、同気温において幅のある暖房負荷の日射量による分割を指す。日射量は暖房負荷の低減に寄与するため、日射量が大きいときは暖房負荷が小さく、反対に日射量が小さいときは暖房負荷が大きくなる傾向にある。この傾向を左図の日射量の分割でみることもできる。これより、左図に示した日射量による分割は、暖房負荷に対する日射量の影響を表したものと言える。また、右図に示す冷房負荷の日射量による分割についても暖房負荷程の明確な分割はみられないものの、日射量の大きい部分で冷房負荷が大きくなる傾向を確認できる。暖冷房負荷と気温の相関が極めて高いことを理由に図 2.2.4(a)ではみられなかった暖冷房負荷と日射量の関係性を図 2.2.3(d)では説明することができた。

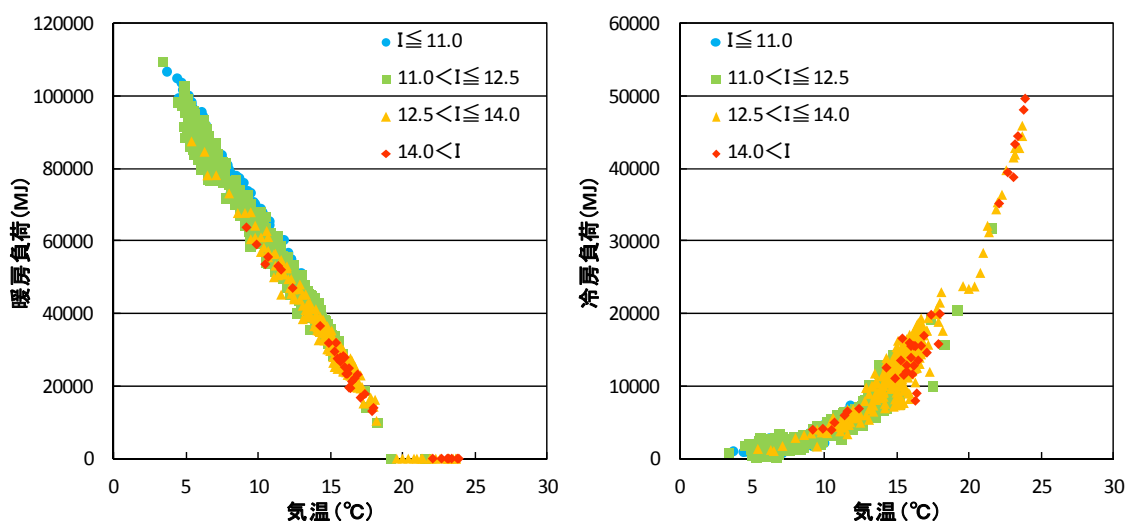


図 2.2.4(d) 暖冷房負荷と気温の相関図（日射量(MJ/m<sup>2</sup>・日)による場合分け)

### 2-3. 暖冷房度日と暖冷房デグリーM値の比較検討

暖冷房負荷と気温、絶対湿度、日射量の3気象要素の関係性についてこれまで述べた。それぞれの気象要素の暖冷房負荷との関係性が分かるとともに、その中でも気温が特に大きな影響を及ぼしていることが分かった。この点に留意し、次に気象要素を利用した気候指標による暖冷房負荷との関係性について考察する。

現在の住宅の省エネルギー基準における地域区分の実施には、暖房度日による日本全国の分布が参照されている。暖房度日は、気候状態を表す気候指標の一つである。本節では始めに、ここまでしばしば書き表した気候指標の一つである暖房度日について詳細を述べ、その後の考察へと進む。考察の目的は、現在の住宅の省エネルギー基準における地域区分で暖房度日が参照される根拠となる相関の高さを確認することであり、住宅の暖房負荷と

暖房度日の相関を検証する。また、住宅の冷房負荷についても冷房度日と高い相関関係にあることが推察される。よって、冷房負荷と冷房度日の相関の検証も行う。

さらに、既往の研究[6],[16],[17]で、気候指標の一つと考えられる暖冷房デグリーM値が暖冷房負荷と相関関係にあることが示されていることに着目し、これら気候指標と暖冷房負荷の関係性についても検証を進める。併せて、気候指標として前述した暖冷房度日との比較検討についても述べる。

### 2-3-1. 暖冷房度日と住宅の暖冷房負荷の関係性

暖冷房度日と住宅の暖冷房負荷の関係性について考察する。また、ここでは本研究で用いる暖房度日及び冷房度日を定義する。暖房度日は、日平均気温が暖房設計室温以下となる日における日平均気温と暖房設計室温の差の年間の積算値であり、暖房設計室温により値が異なる。冷房度日においても同様に、日平均気温が冷房設計室温以上となる日における日平均気温と冷房設計室温の差の年間の積算値であり、冷房設計室温により値が異なる。以下式 2.3.1(a)、式 2.3.1(b)に暖房度日及び冷房度日の算定式を示す。式 2.3.1(a)、式 2.3.1(b)において、暖房設計室温以上の日及び冷房設計室温以下の日は積算しない。

$$HDD = \sum_{i=1}^n (\theta_H - \theta_{oave(i)}) \quad (2.3.1(a))$$

$$CDD = \sum_{i=1}^n (\theta_{oave(i)} - \theta_C) \quad (2.3.1(b))$$

式中の記号は以下に示す通りである。

[記号]

HDD : 暖房度日 [°C・日]

CDD : 冷房度日 [°C・日]

$\theta_H$  : 暖房設計室温 [°C]

$\theta_C$  : 冷房設計室温 [°C]

$\theta_{oave}$  : 日平均気温 [°C]

暖房度日、冷房度日の値が変われば暖房負荷、冷房負荷との関係性も変化する。暖房度日及び冷房度日は、住宅の省エネルギー基準における地域区分への利用を目的とする気候指標であるため、より暖房負荷、冷房負荷と関係性のあるものを選択することが望ましい。これらを踏まえて、本研究で用いる暖房度日及び冷房度日を異なる値のものから、暖房負荷、冷房負荷との関係性を比較して選択する。

### (1)暖房度日について

暖房度日については、現在の住宅の省エネルギー基準における地域区分で、暖房設計室温 18℃の暖房度日：D<sub>18-18</sub>(以下、HDD18 とする。)が用いられる。これは、暖房度日において暖房設計室温 18℃としたときが最も暖房負荷との関係性が期待できると判断されているためである。そこで、暖房度日における暖房設計室温の対象を 18℃中心に 14℃、16℃、18℃、20℃、22℃として、暖房負荷との相関をそれぞれ確認し、暖房度日における暖房設計室温 18℃の妥当性を検証する。ここで、暖房設計室温が 14℃、16℃、20℃、22℃の暖房度日をそれぞれ HDD14、HDD16、HDD20、HDD22 とする。

図 2.3.1(a)から図 2.3.1(e)にそれぞれ暖房負荷と HDD14、HDD16、HDD18、HDD20、HDD22 の相関を示す。各相関を比較して、暖房負荷との相関関係にいずれの暖房設計室温を用いても大きな差がみられないことが分かる。さらに、暖房設計室温が高くなると、日平均気温が暖房設計室温を下回るケースが増えることにより南西諸島のような暖房負荷が発生しない地域においても暖房度日が大きくなる傾向を確認できる。つまり、暖房設計室温を過剰に高くすることは、暖房負荷と暖房度日の関係性を考えるうえで得策ではない。反対に、暖房設計室温を低く設定すればこの暖房負荷が発生しない地域における暖房度日を小さくすることはできる。しかし、低く設定することもまた暖房の使用を考えると現実的ではなくなる。よって、暖房設計室温を 18℃とすることは、暖房負荷との極めて高い相関と現実的な設定ということを鑑みて、妥当であると言える。本研究では、これ以降暖房度日を HDD18 とする。

### (2)冷房度日について

冷房度日については、現在の住宅の省エネルギー基準における地域区分では用いられていない。そこで、一般的な冷房度日における冷房設計室温として、18℃、20℃、22℃、24℃、26℃を想定し、冷房負荷との相関をそれぞれ確認する。各冷房設計室温による冷房度日と冷房負荷の関係性を確認することで、冷房負荷と関係性の大きい最適な冷房度日を選択する。ここで、冷房設計室温が 18℃、20℃、22℃、24℃、26℃の冷房度日をそれぞれ CDD18、CDD20、CDD22、CDD24、CDD26 とする。

図 2.3.1(f)から図 2.3.1(j)にそれぞれ冷房負荷と CDD18、CDD20、CDD22、CDD24、CDD26 の相関を示す。各冷房度日において概ね相関係数に違いはみられず、すべて冷房負荷と高い相関関係にあることが分かる。その中で最も相関係数の高かった冷房度日は、冷房設計室温を 22℃とした CDD22 だった。また、冷房設計室温が高くなる CDD24 や CDD26 では、冷房度日が発生しない地域が拡大されてしまう。そのため、同一冷房度日における冷房負荷の幅が広がってしまい、この傾向を図 2.3.1(i)、図 2.3.1(j)の原点付近にみることができる。よって、最も冷房負荷との相関関係が高い CDD22 を本研究ではこれ以降冷房度日として扱う。

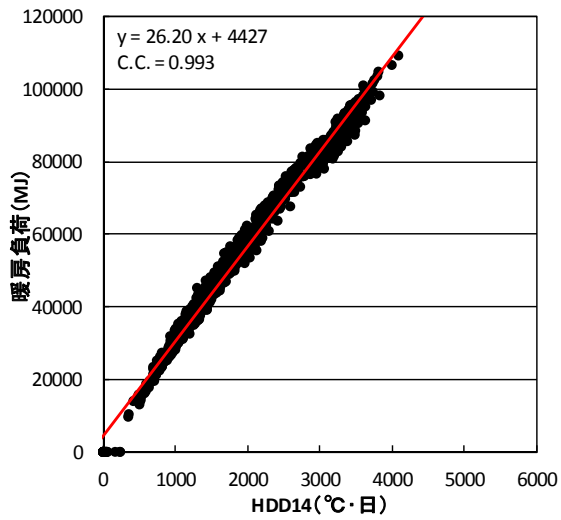


図 2.3.1 (a) 暖房負荷と HDD14 の相関図

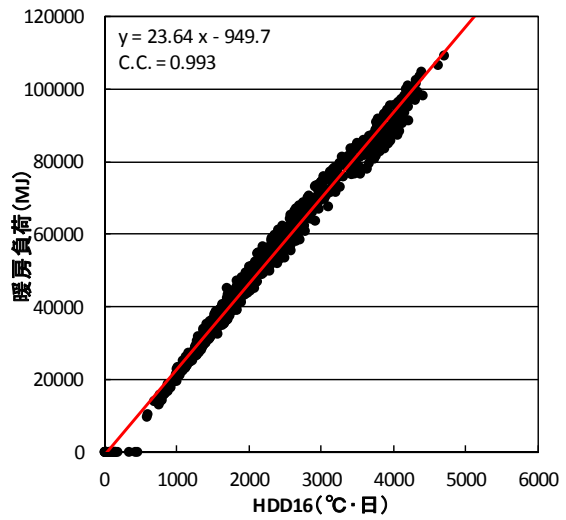


図 2.3.1 (b) 暖房負荷と HDD16 の相関図

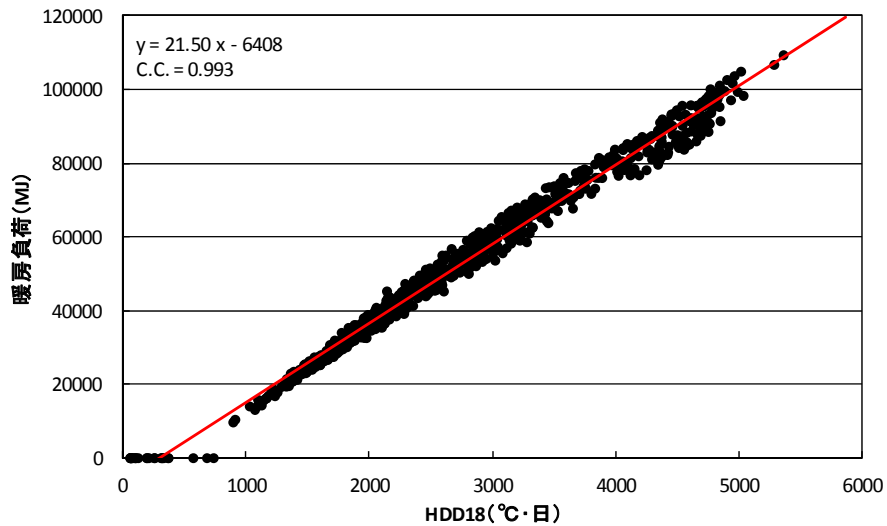


図 2.3.1 (c) 暖房負荷と HDD18 の相関図

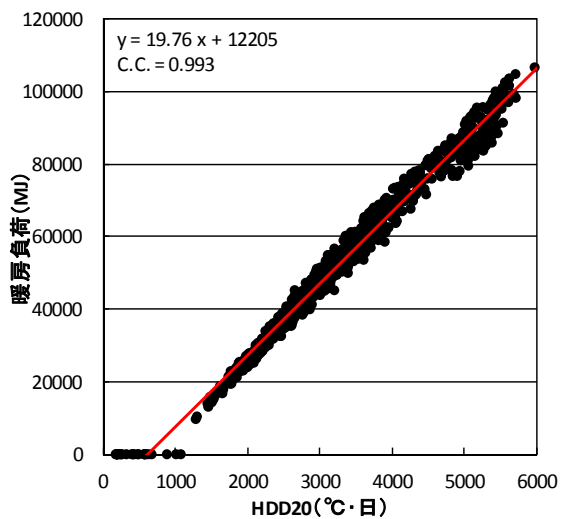


図 2.3.1 (d) 暖房負荷と HDD20 の相関図

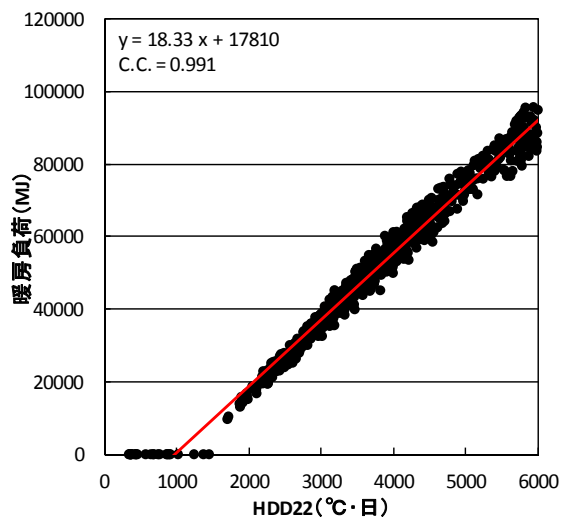


図 2.3.1 (e) 暖房負荷と HDD22 の相関図

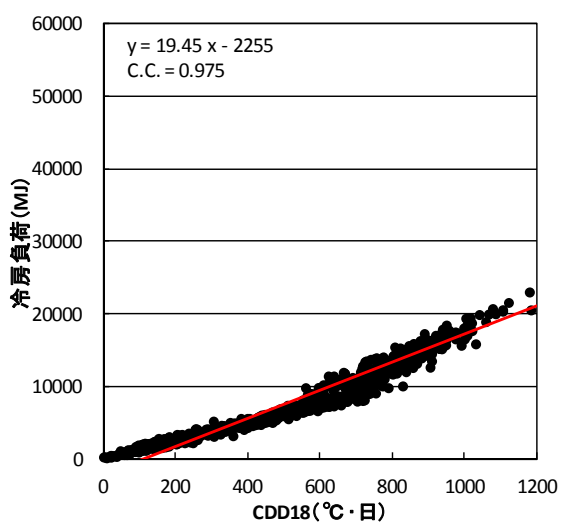


図 2.3.1 (f) 冷房負荷と CDD18 の相関図

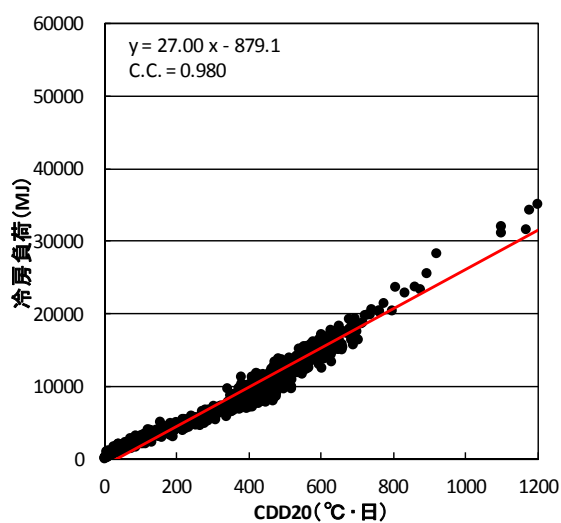


図 2.3.1 (g) 冷房負荷と CDD20 の相関図

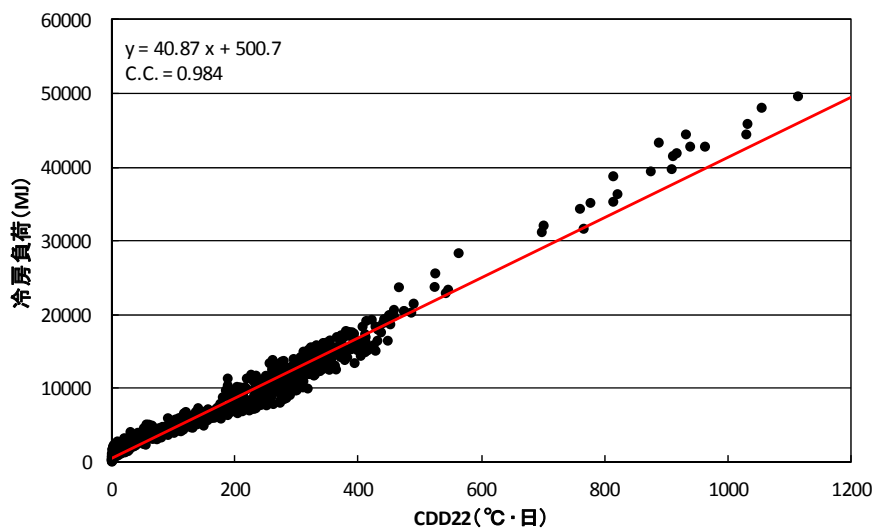


図 2.3.1 (h) 冷房負荷と CDD22 の相関図

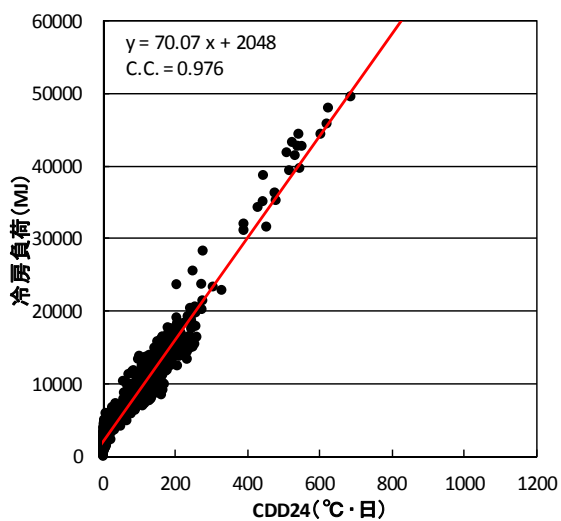


図 2.3.1 (i) 冷房負荷と CDD24 の相関図

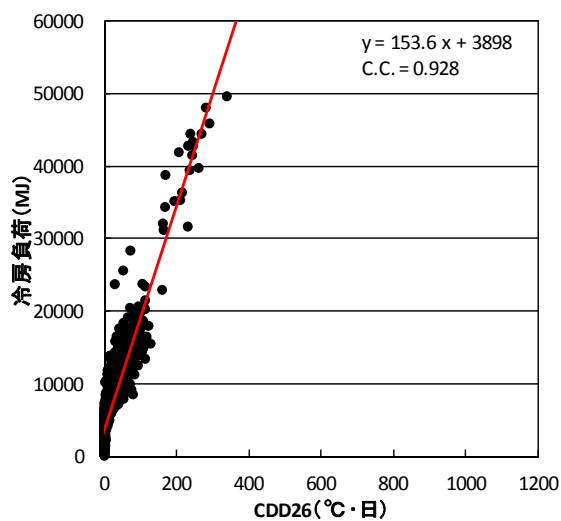


図 2.3.1 (j) 冷房負荷と CDD26 の相関図

式 2.3.1(a)、式 2.3.1(b)から分るように HDD18、CDD22 とともに気温により算定される気候指標である。前節で明らかにした通り、暖冷房負荷に対しては気温以外の絶対湿度や日射量も影響する。よって、これら気象要素の影響についても確認する必要がある。そこで、絶対湿度については、図 2.3.1(k)、図 2.3.1(l)に暖房負荷と HDD18 の相関及び冷房負荷と CDD22 の相関に対して、絶対湿度による場合分けを施したものを表し、その影響を確認する。同様に日射量についても図 2.3.1(m)、図 2.3.1(n)でそれぞれ日射量による場合分けを施したものを表し、その影響について確認を行う。このとき、絶対湿度及び日射量の場合分けは、前節で示した図 2.2.3(c)、図 2.2.4(d)と同じ 4 分割とした。基本的に図 2.2.3(c)、図 2.2.4(d)に示す暖房負荷と気温における相関と同様の傾向が示され、HDD18 と絶対湿度は比例の関係にあること及び HDD18 のみで表せない暖房負荷と日射量の関係性があることが分かった。

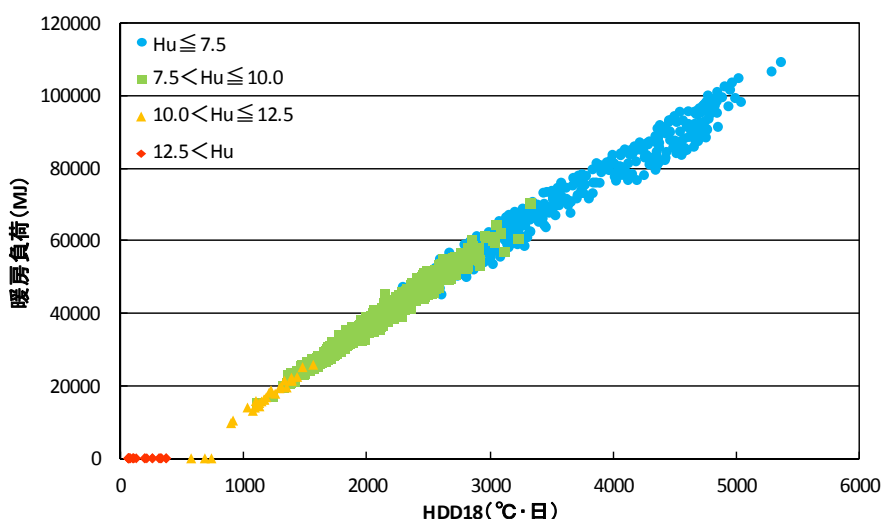


図 2.3.1(k) 暖房負荷と HDD18 の相関図 (絶対湿度 (g/kg (DA)) による場合分け)

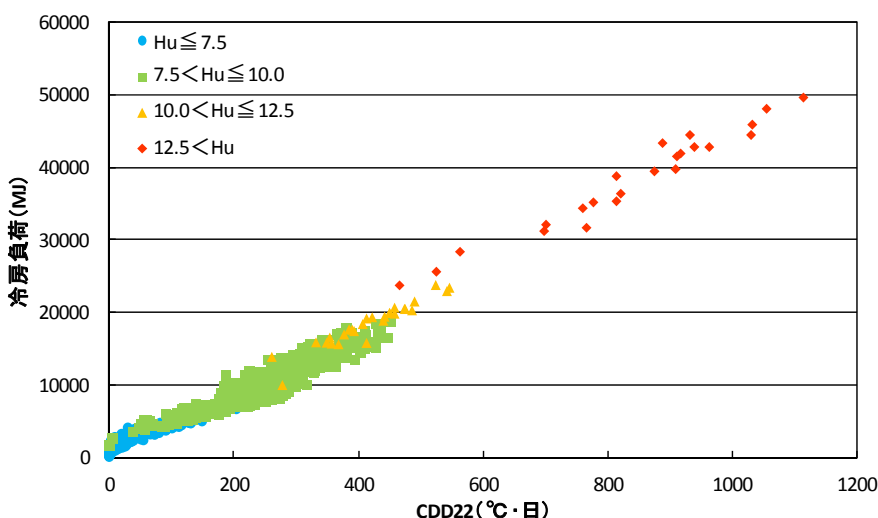


図 2.3.1(l) 冷房負荷と CDD22 の相関図 (絶対湿度 (g/kg (DA)) による場合分け)



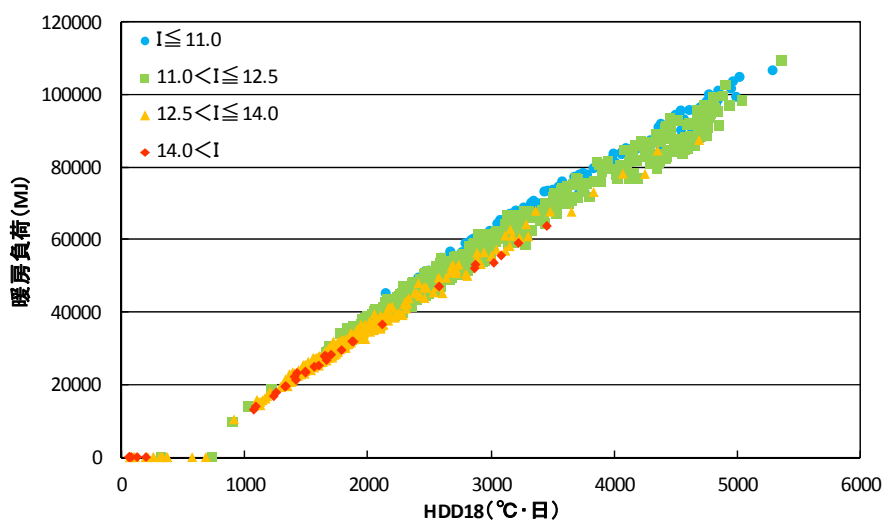


図 2.3.1(m) 暖房負荷と HDD18 の相関図 (日射量(MJ/m<sup>2</sup>・日)による場合分け)

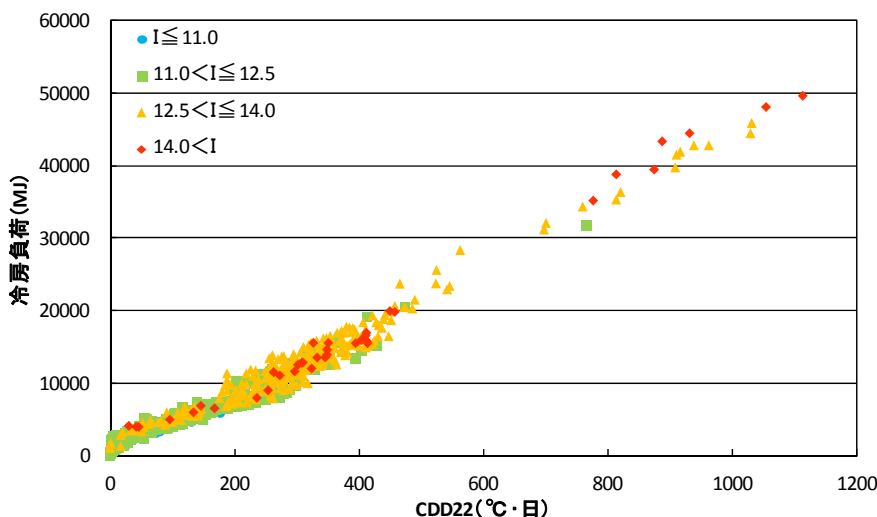


図 2.3.1(n) 冷房負荷と CDD22 の相関図 (日射量(MJ/m<sup>2</sup>・日)による場合分け)

暖房負荷と HDD18 及び冷房負荷と CDD22 の相関が極めて高いことがこれまでに明らかとなった。そこで、これら気候指標と年間を通しての暖冷房負荷の関係性についてここでは確認する。住宅の省エネルギー基準では、夏期日射取得係数の基準においても HDD18 を用いた地域区分を適用する。夏期日射取得係数は冷房負荷と大きく関わる要素なので、HDD18 と冷房負荷を含む年間の暖冷房負荷との関係性に期待したい。

図 2.3.1(o)に暖冷房負荷と HDD18 の相関を、図 2.3.1(p)に暖冷房負荷と CDD22 の相関をそれぞれ示す。図より、HDD18 については暖冷房負荷と一定の相関関係にあるが、CDD22 については暖冷房負荷との相関があまりみられないことが分かる。特に CDD22 が小さい 100°C・日未満では、大きく近似直線を離れ縦への広がりを見せている。これは、住宅における空調熱負荷において暖房負荷が大きな割合を占めているためと考えられる。また、図 2.3.1(o)においては HDD18 が約 500°C・日以下、図 2.3.1(p)においては CDD22 が約

500℃・日以上で近似直線を大きく離れる様子を確認することができる。これはどちらについても年間の暖冷房負荷が冷房負荷あるいは暖房負荷で構成され、各々の気候指標では関係性を示すことのできない部分になっていると推察される。暖房負荷及び冷房負荷が混在する地域の暖冷房負荷と HDD18 に一定の関係性があることと HDD18、CDD22 のみでは暖冷房負荷の傾向を捉えることのできない地域が存在することがこれら図から判明した。

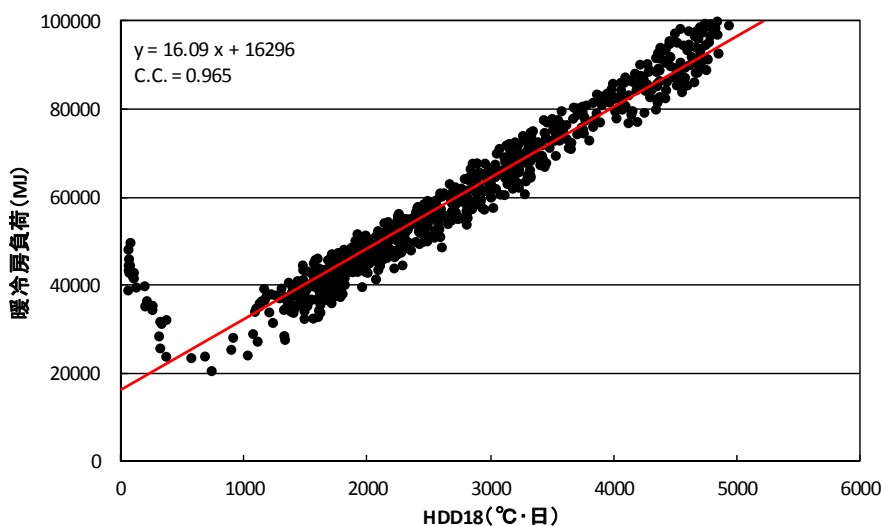


図 2.3.1 (o) 暖冷房負荷と HDD18 の相関図

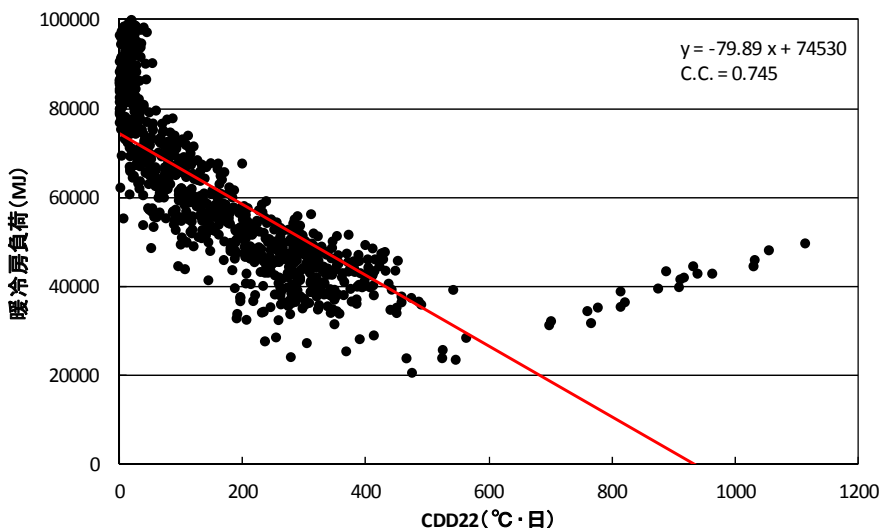


図 2.3.1 (p) 暖冷房負荷と CDD22 の相関図

### 2-3-2. 暖冷房デグリーM 値と住宅の暖冷房負荷の関係性

暖房負荷、冷房負荷との関係性が明らかとなっている気温、絶対湿度、日射量の 3 気象要素のうち HDD18、CDD22 は気温について考慮された気候指標となっている。また、暖房負荷と HDD18、冷房負荷と CDD22 の関係性において日射量の影響がこれまでの考察より考えられる。これらを踏まえて、気温に加え絶対湿度及び日射量についても対象とした

もう一つの気候指標を検討する。本研究では、M 値[4]を利用した暖房デグリーM 値、冷房デグリーM 値[6],[16],[17]を算定し、これら気候指標と暖房負荷、冷房負荷の関係性について分析する。M 値及び暖房デグリーM 値、冷房デグリーM 値の詳細については以下に示す。

## (1)M 値

M 値とは気温、絶対湿度、水平面全天日射量の3気象要素の日平均値を重み付けして線形結合した単一指標であり、熱負荷相当外気温とも呼ばれる。M 値は以下に示す式 2.3.2(a) から式 2.3.2(g)によって算定される。なお、M 値算定の際に必要な水平面全天日射量の気温に対する重み係数  $k_3$  は、既往の研究[4]では毎月15日における5方位の入射角を日の出から0.1時間刻みで計算し月別に求めていたが、本研究ではより詳細なM 値の算定を目的として日別に算定した。また、絶対湿度の気温に対する重み係数  $k_2$  については、既往の研究と同じく年間一定の値としている。

$$Q_{DB} = A_o \{(1 - WR) \cdot U_1 + WR \cdot U_3\} + 0.25 A_l \cdot U_4 + A_R \cdot U_2 + 0.3333 Q \cdot A_F \quad (2.3.2(a))$$

$$Q_{AH} = 0.8333 Q \cdot A_F \quad (2.3.2(b))$$

$$Q_{JS} = 11.57 \left[ A_o \cdot VS_d \left\{ (1 - WR) \frac{a_l}{\alpha_o} \cdot U_1 + WR \cdot G_J \right\} + A_R \frac{a_l}{\alpha_o} \cdot U_2 \right] \quad (2.3.2(c))$$

$$VS_d = \frac{\frac{1}{4} \int_{t_1}^{t_2} (\cos \theta_E + \cos \theta_W + \cos \theta_S + \cos \theta_N) dt}{\int_{t_1}^{t_2} \cos \theta_H dt} \quad (2.3.2(d))$$

$$k_2 = \frac{Q_{AH}}{Q_{DB}} \quad (2.3.2(e))$$

$$k_3 = \frac{Q_{JS}}{Q_{DB}} \quad (2.3.2(f))$$

$$M = T + Hu \cdot k_2 + I \cdot k_3 \quad (2.3.2(g))$$

式中の記号は以下に示す通りである。

[記号]

$A_o$  : 外壁総面積 [m<sup>2</sup>]

WR : 外壁の窓面積率 [ - ]

$A_I$	: 間仕切壁面積 [m <sup>2</sup> ]
$A_R$	: 屋根面積 [m <sup>2</sup> ]
$A_F$	: 床面積 [m <sup>2</sup> ]
$Q$	: 換気量 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
$U_1, U_2, U_3, U_4$	: 熱貫流率(1:外壁,2:屋根,3:窓,4:間仕切) [W/m <sup>2</sup> K]
$a_j$	: 外壁の日射吸収率 [ - ]
$\alpha_0$	: 外壁の表面熱伝達率 [W/m <sup>2</sup> K]
$VS_d$	: 水平面全天日射量に対する外壁面日射量の比率 [ - ]
$t_1, t_2$	: 日の出及び南中時刻 [h]
$\theta_H, \theta_E, \theta_W, \theta_S, \theta_N$	: 水平面及び東、西、南、北面への直達日射入射角 [°]
$k_2$	: 絶対湿度の気温に対する重み係数 [°C·kg(DA)/g]
$k_3$	: 水平面全天日射量の気温に対する重み係数 [°C·m <sup>2</sup> /MJ]
$M$	: M 値 [°C]
$Hu$	: 絶対湿度 [g/kg(DA)]
$I$	: 水平面全天日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]

算定した M 値と暖房負荷、冷房負荷との関係性について考察する。図 2.3.2(a)に暖冷房負荷と M 値の相関を示す。図より、気温の相関と比較してばらつきが大きくなっていることが分かる。これは、M 値が気温、絶対湿度、日射量の 3 気象要素を複合した値であるため、図 2.2.4(a)に示された暖房負荷、冷房負荷と日射量の関係性が反映されたと推察される。しかし、暖房負荷、冷房負荷ともに M 値と高い相関関係となっている。これより、M 値による気候指標である暖房デグリーM 値及び冷房デグリーM 値と暖房負荷、冷房負荷との関係性に期待できる。

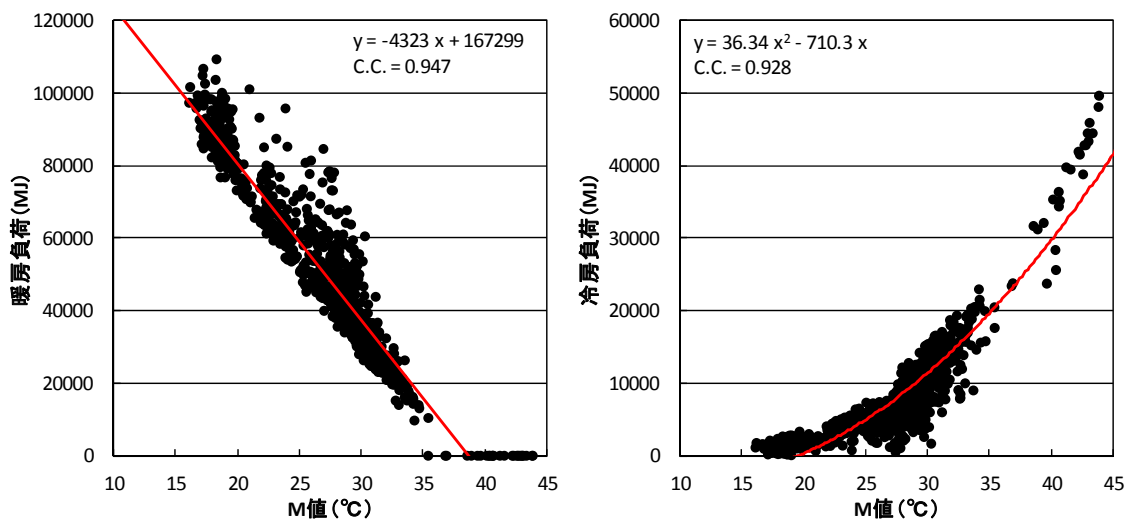


図 2.3.2(a) 暖冷房負荷と M 値の相関図

## (2)暖房デグリーM値、冷房デグリーM値

暖房度日の考え方を応用し、気温に代わり M 値を用いて算定した気候指標が暖房デグリーM値である。M 値を用いることにより気温のみでなく、絶対湿度及び日射量についても考慮した指標と言える。暖房デグリーM 値算定の式を以下に示す。また、冷房デグリーM 値についても同様に以下に示す式により算定する。

$$\text{HDM} = \sum_{i=1}^n (\theta_H + X_H \cdot k_2 - M_{\text{ave}(i)}) \quad (2.3.2(\text{h}))$$

$$\text{CDM} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{ave}(i)} - \theta_C - X_C \cdot k_2) \quad (2.3.2(\text{i}))$$

式中の記号は以下に示す通りである。

[記号]

HDM : 暖房デグリーM 値 [°C・日]

CDM : 冷房デグリーM 値 [°C・日]

$\theta_H$  : 暖房設計室温 [°C]

$X_H$  : 暖房設計絶対湿度 [g/kg(DA)]

$\theta_C$  : 冷房設計室温 [°C]

$X_C$  : 冷房設計絶対湿度 [g/kg(DA)]

$k_2$  : 絶対湿度の気温に対する重み係数 [°C・kg(DA)/g]

$M_{\text{ave}}$  : 日平均 M 値 [°C]

暖房デグリーM 値及び冷房デグリーM 値の算定には、暖冷房時の設計室温並びに暖冷房時の設計絶対湿度を設定しなければならない。本研究では、暖房負荷と暖房デグリーM 値との相関関係を重視し、より相関の高い設定を行うため、暖房設計室温と暖房設計絶対湿度の合計を 24°C とした暖房デグリーM 値を用いることとする。このとき算定される暖房デグリーM 値をこれ以降 HDM24 とする。また、冷房デグリーM 値についても同様に冷房負荷との関係性から冷房設計室温と冷房設計絶対湿度の合計を 24°C とした冷房デグリーM 値を用いることとした。このとき算定される冷房デグリーM 値をこれ以降 CDM24 とする。

暖房負荷と HDM24 の相関を図 2.3.2(b)に、冷房負荷と CDM24 の相関を図 2.3.2(c)に示す。図 2.3.2(b)、図 2.3.2(c)から、ともに極めて高い相関を確認できる。特に暖房負荷と HDM24 の相関は、暖房負荷が発生しない地域以外では近似直線上にほぼまとまっている。相関係数についても暖房負荷と HDD18 の相関と同じとなっており、この点からも極めて高い相関関係にあることがうかがえる。

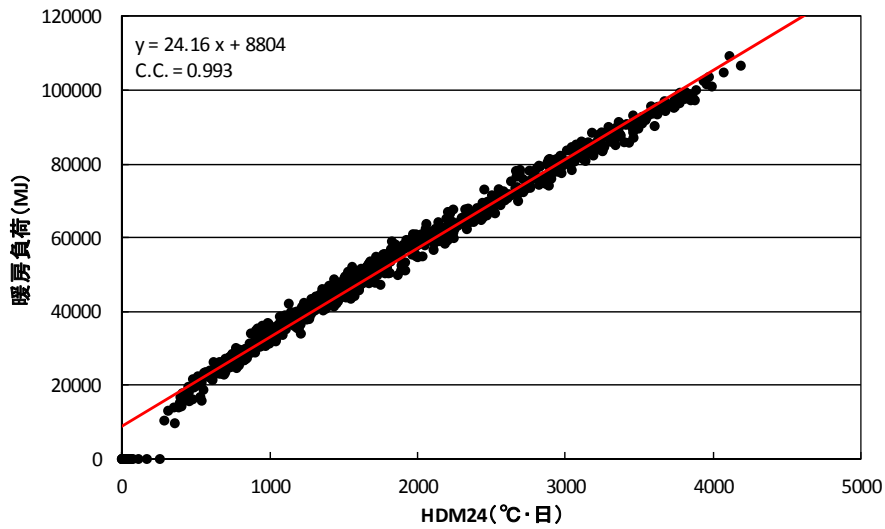


図 2.3.2 (b) 暖房負荷と HDM24 の相関図

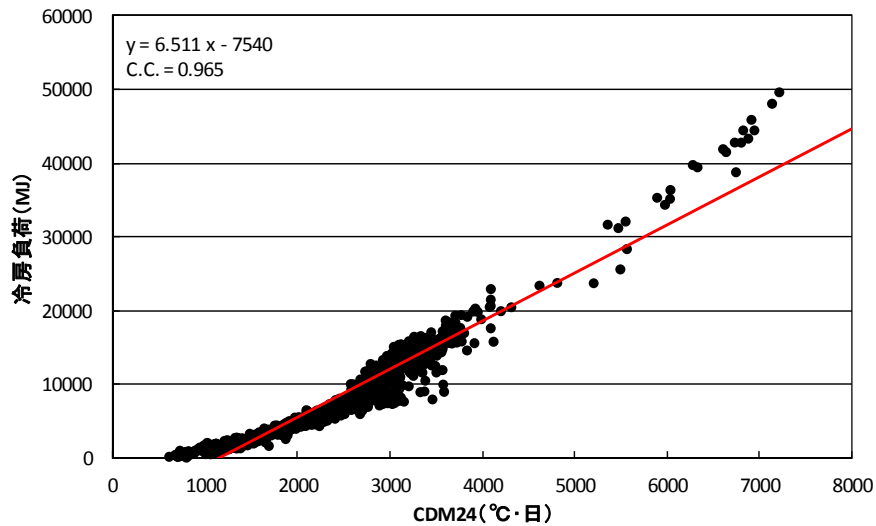


図 2.3.2 (c) 冷房負荷と CDM24 の相関図

ここで、HDD18、CDD22 同様に HDM24、CDM24 についても年間を通しての暖冷房負荷との関係性について確認する。図 2.3.2(d)に暖冷房負荷と HDM24 の相関を、図 2.3.2(e)に暖冷房負荷と CDM24 の相関をそれぞれ示す。図より、暖冷房負荷と HDM24、CDM24 の関係性が暖冷房負荷と HDD18、CDD22 の関係性と類似していることが分かる。図 2.3.2(d)においては HDM24 が  $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  付近に、図 2.3.2(e)においては CDM24 が約  $5500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  以上でそれぞれ関係性がみられない地域の存在が確認できる。これは、暖冷房負荷のほぼすべてがそれぞれ冷房負荷、暖房負荷のみによって構成される地域と考えられ、HDM24 に関しては冷房負荷、CDM24 に関しては暖房負荷との関係性が求められる形となってしまうため、これら気候指標との関係性がみられなかったと推察される。

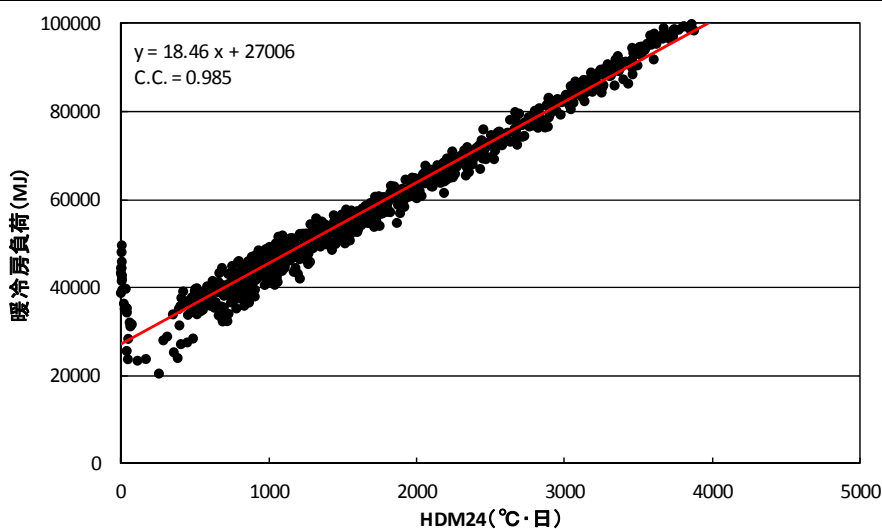


図 2.3.2(d) 暖冷房負荷と HDM24 の相関図

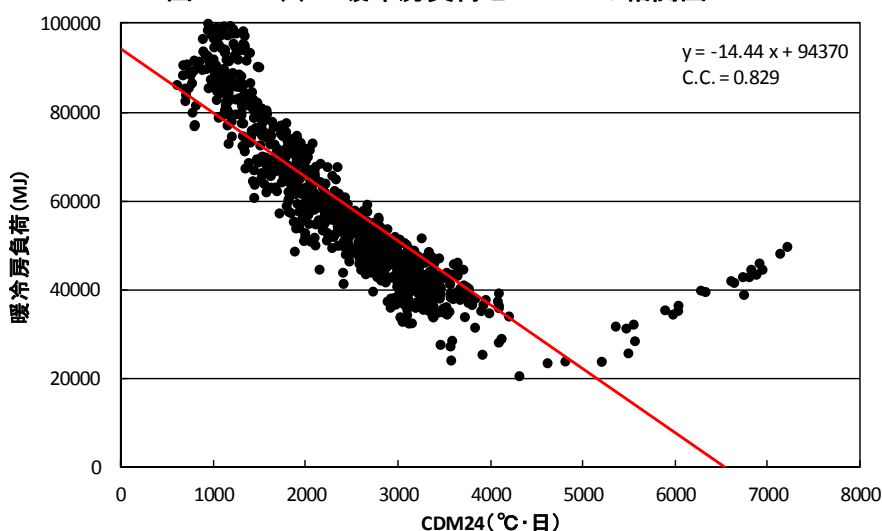


図 2.3.2(e) 暖冷房負荷と CDM24 の相関図

これまで示す通り暖房負荷と HDM24 及び冷房負荷と CDM24 に相関関係が認められた。よって、地域区分に用いることのできる気候指標として HDD18、CDD22 同様に評価できる。また、HDD18 と HDM24 の暖房負荷の関係性と CDD22 と CDM24 の冷房負荷との関係性において、それぞれの気候指標と暖房負荷、冷房負荷との関係性に大きな違いはみられない。そこで、HDD18 と HDM24 と CDD22 と CDM24 の関係性を次に分析する。

図 2.3.2(f)に HDD18 と HDM24 の相関図、図 2.3.2(g)に CDD22 と CDM24 の相関図を示す。図から HDD18 と HDM24、CDD22 と CDM24 ともに高い相関が確認できる。これより暖房負荷に対する HDD18 と HDM24 の 2 気候指標に大きな違いはないと判断できる。また、冷房度日に対する CDD22 と CDM24 の 2 気候指標についても、HDD18 と HDM24 の相関と比較すると僅かにばらつきが大きくなっているものの、目立った違いはみられないと言える。

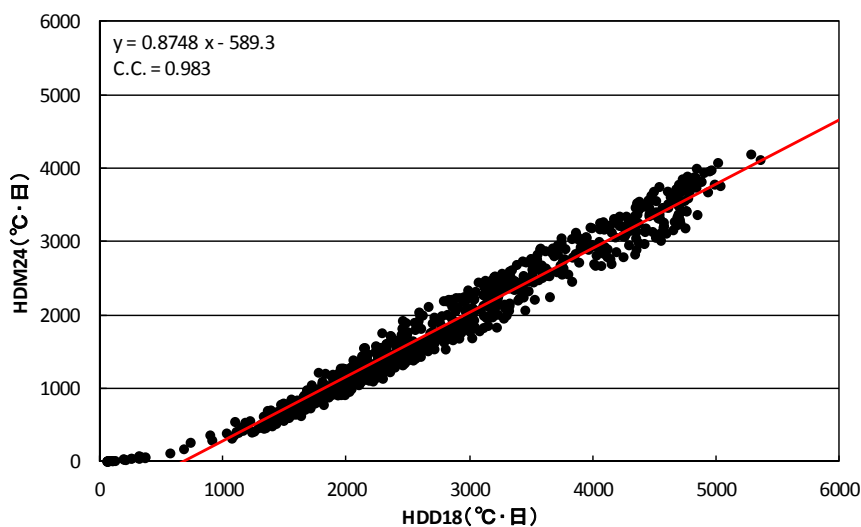


図 2. 3. 2 (f) HDD18 と HDM24 の相関図

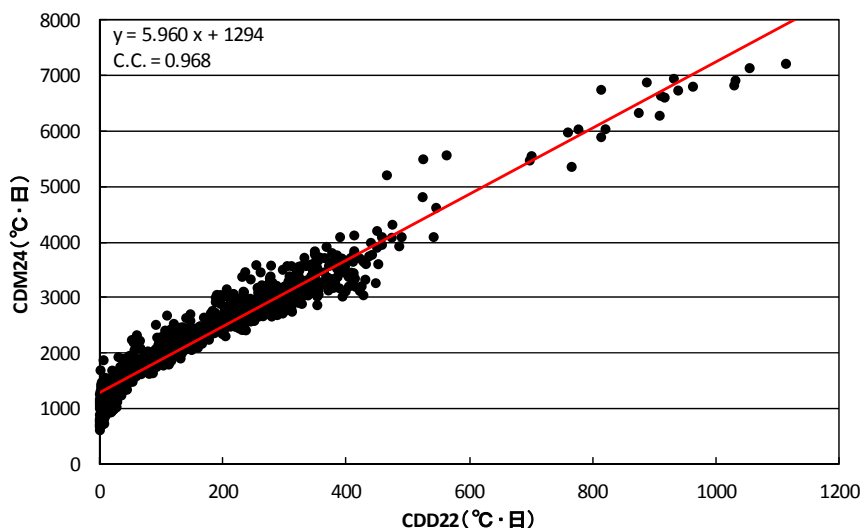


図 2. 3. 2 (g) CDD22 と CDM24 の相関図

#### 2-4. 第 2 章のまとめ

本章では、住宅の省エネルギー基準における地域区分にあたり、前提の条件整理として住宅の暖冷房負荷と気象要素、気候指標の関係性について取りまとめた。住宅の暖冷房負荷については、住宅事業建築主の判断基準の住宅モデルを対象として、SMASH を用い算定した。この際、必要となる気象データには拡張アメダス気象データにおける 1995 年版標準年気象データを利用する。なお、1995 年版標準年気象データ及び 2000 年版標準年気象データに大きな差がみられないことを事前に確認している。

算定した暖房負荷及び冷房負荷を基に気温、絶対湿度、日射量の 3 気象要素とこれら気象要素から算定した気候指標である HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 の関係性を明らかにした。以下に暖房負荷及び冷房負荷と気象要素、気候指標のそれぞれの関係性について示す。



### (1)気温

暖房負荷、冷房負荷と気温には高い相関関係がみられた。特に、沖縄等の南西諸島の地域において、暖房負荷が発生しないために関係性がみられない個所を除けば、ほぼ近似直線上にプロットされている極めて高い相関関係が確認できた。

### (2)絶対湿度

絶対湿度に関しても気温同様、暖房負荷、冷房負荷と高い相関関係にあることが確認できた。暖房負荷、冷房負荷それぞれ気温ほどではないが近似直線を中心としたまとまりとなっていた。また、気温と絶対湿度は比例の関係にあることから暖房負荷、冷房負荷に対する気温と絶対湿度の関係性は類似した傾向を示すことが分かった。

### (3)日射量

日射量については、暖房負荷、冷房負荷との相関からは関係性をみることができなかった。これは、暖房負荷、冷房負荷と気温の相関関係が極めて高いことにより、日射量の影響が確認し難くなっているためと推察される。そこで、暖房負荷、冷房負荷と気温の相関において、日射量がどのように関係するのかを確認し、暖房負荷、冷房負荷に対する日射量の関わりを明らかにした。

### (4)HDD18、HDM24

暖房負荷と HDD18、HDM24 の 2 気象要素に極めて高い相関関係があることが分かった。暖房負荷と気温の相関同様に、暖房負荷が発生しない沖縄等の南西諸島の地域を除く全地域において、ほぼ近似直線上でのプロットを確認できた。これより、HDD18、HDM24 を住宅の省エネルギー基準において、空調熱負荷に対する省エネルギー対策の水準を決定するための地域区分に利用することの有用性が示された。

### (5)CDD22、CDM24

暖房負荷と HDD18、HDM24 の相関と比較すると僅かに劣るものの、冷房負荷と CDD22、CDM24 の 2 気象要素にも高い相関関係を確認できた。冷房負荷に関する指標としては十分に期待できる結果となった。

また、HDD18 と HDM24 の比較及び CDD22 と CDM24 の比較についても本章では行っただ。HDM24、CDM24 を算定する際に用いる M 値は気温、絶対湿度、日射量を考慮した値であるため、気温のみを対象として算定する HDD18 と CDD22 とは、絶対湿度と日射量を考慮するという点が大きな違いとなっている。しかし、HDD18 と HDM24 の比較及び CDD22 と CDM24 の比較から両者の気候指標に大きな違いはみられず、いずれも暖房負荷、冷房負荷と高い相関関係にあるということが分かった。

## 2-5. 第2章の参考文献

- [1]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説,2002
- [2]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準 ガイドブック,2009
- [3]財団法人建築環境・省エネルギー機構：SMASH for Windows Ver.2 住宅用熱負荷計算プログラム ユーザーマニュアル,2000
- [4]松尾陽,赤坂裕,石野久彌,滝沢博他：標準気象データに関する研究,空気調和・衛生工学 第48巻 第7号,pp.85-107,1974
- [5]松尾陽,赤坂裕,石野久彌,滝沢博他：大阪地方の標準気象データ,空気調和・衛生工学 第50巻 第4号,1976
- [6]建設省：建設省総合技術開発プロジェクト,省エネルギー住宅システムの開発報告書,1982
- [7]赤坂裕,荒井良延,井川憲男,石野久彌,永村悦子,永村一雄,郡公子,曾我和弘,西岡真稔,二宮秀興,松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000,日本建築学会,株式会社鹿児島TLO,pp.1-223,2005
- [8]NCDC：Typical Meteorological Year User's Manual TD-9734,National Climatic Center,Asheville,North Carolina,1981
- [9]ASHRAE：International Weather for Energy Calculations (IWEC) CD-ROM,2001
- [10]James R.Augustyn：WYEC2 User's Manual and Software Toolkit,ASHRAE,1998
- [11]GJ.Levermore and Nicholas O.Doyle：North American and European Hourly Based Weather Data and Methods for HVAC Building Energy Analyses and Design by Simulation,ASHRAE Transactions,pp.1053-1062,2002
- [12]CIBSE：NEW Test Reference Year/design summer year:Edinburgh,2002
- [13]CIBSE：NEW Test Reference Year/design summer year:Manchester,2002
-

[14]CIBSE : NEW Test Reference Year/design summer year:London Area,2002

[15]曾我和弘,赤坂裕 : 20年間 EA 気象データに基づく標準年気象データの作成,日本建築学会大会学術講演会梗概集,D-2,pp.365-366,2005

[16]松尾陽,村上周三,宮田紀元,鎌田元康,坂本雄三 : 建築と気象,朝倉書店,pp.60-66,1986

[17]橋口洋,赤坂裕,二宮秀與,曾我和弘 : 住宅の暖冷房消費エネルギーに基づく日本の地域区分 (その1) 暖房デグリ M 値、冷房デグリ M 値の地域差に基づく地域区分,日本建築学会大会学術講演梗概集,D-2,pp.213-214,1996



## 第3章 日本における気候分布と標高の関係性

---



---

### 第3章 日本における気候分布と標高の関係性

HDD18、CDD22、HDM24、CDM24の4気候指標と住宅の暖房負荷、冷房負荷の関係性については前章で述べたように高い相関関係をみることができた。本章では、これら気候指標を用いて日本全国の気候分布を示す。日本全国の気候分布としてはこれまでにさまざまな日本における分布が表されているが、暖冷房負荷の地域の傾向を確認する上では、上記した気候指標による気候分布が最適と思われる。住宅の省エネルギー基準における地域区分[1]が、地域の暖冷房負荷に応じた適切な省エネルギー対策の水準を定めるために必要という趣旨にあることを考えると、このように暖冷房負荷の地域の傾向をみることができ、気候分布を地域区分する際の判断材料とすることは望ましい。

本章では、算定された住宅の暖房負荷、冷房負荷及びそれぞれの気候指標による日本全国の分布をはじめに示し、暖房負荷とHDD18、HDM24の関係性、冷房負荷とCDD22、CDM24の関係性について分布の比較により考察する。また、HDD18とHDM24、CDD22とCDM24についても比較検討する。

さらに、本章では気温と標高の関係性に着目し、標高が気温に与える影響、つまり気温と相関関係にある暖房負荷、冷房負荷と標高の関わりについても考察する。標高の影響については、海拔0mを対象とした標高の影響がない仮想状態の気候分布を作成することで、現在標高の気候分布と比較して検証する。その際、海拔0mにおける気候分布作成に必要な海拔0mでの気温の算定についての検証も併せて行う。

前述したように気温に対する標高の影響について考察するが、気温等の気候状態に対する影響は標高のみではない。要因として、昨今話題に挙がることが多いヒートアイランド現象に代表される近年の都市化の影響や地域を構成する地形、海岸線からの距離等さまざまな事項が気候状態には関係している。よって、これら気候状態に影響を及ぼすと思われる事項に対してもその影響の検証を行う必要がある。本章では、都市化の影響について人口[2],[3],[4]により検証し、地域を構成する地形、海岸線からの距離等の影響についてメッシュ気候値2000[5]を用いて検証することで、これら事項が暖房負荷、冷房負荷とどのような関係性にあるのかを検証する。

#### 3-1. 日本における気候分布

住宅の暖房負荷、冷房負荷の日本全国の分布及びHDD18、CDD22、HDM24、CDM24の4気候指標による気候分布を示し、これら分布による比較検討を行う。

##### 3-1-1. 暖冷房負荷と暖冷房度日の分布

図3.1.1(a)から図3.1.1(d)に暖房負荷、HDD18、冷房負荷、CDD22の日本全国の分布を示す。ここで示す住宅の暖冷房負荷については、前章同様住宅事業建築主の判断基準の住宅モデル[6]を対象として、SMASH[7]を用い算定している。また、分布の作成は拡張アメダス気象データ収録の描画作成ツールColorMap[8]を用いた。

---

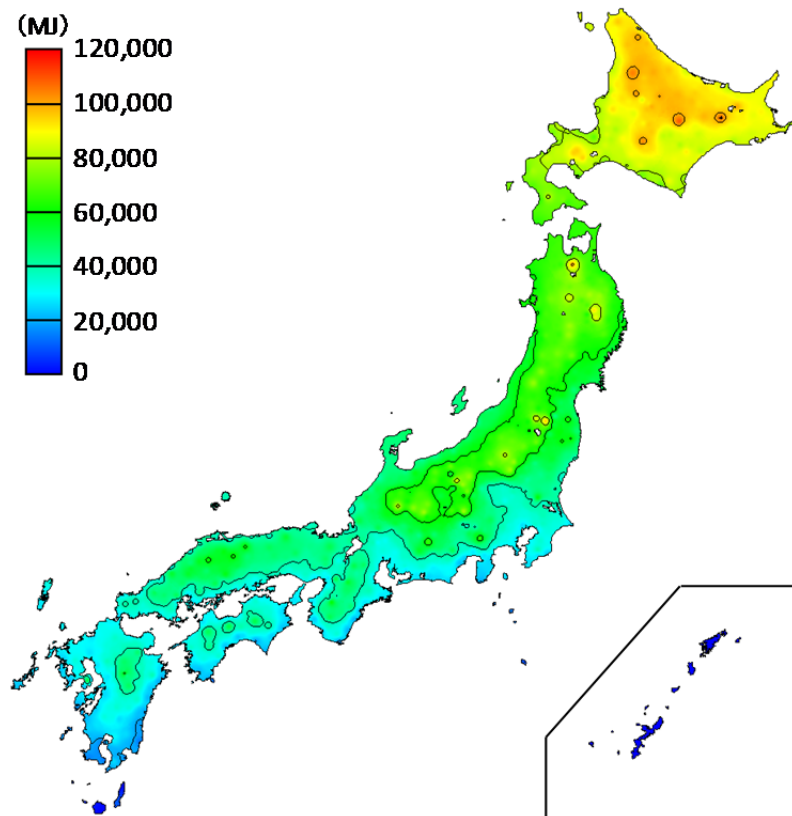


図 3.1.1 (a) 暖房負荷の分布

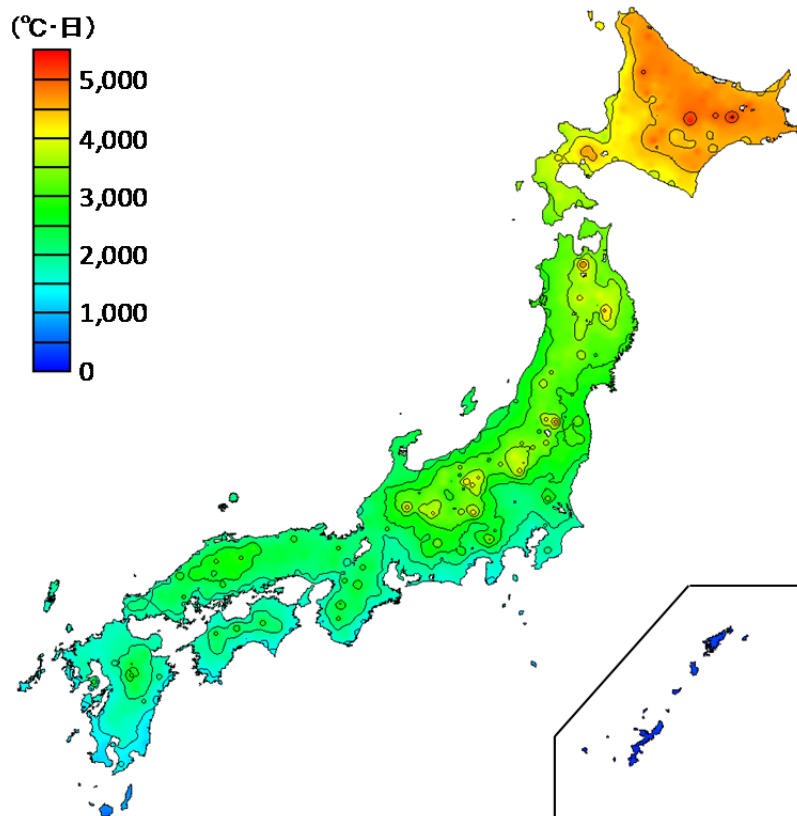


図 3.1.1 (b) HDD18 の分布



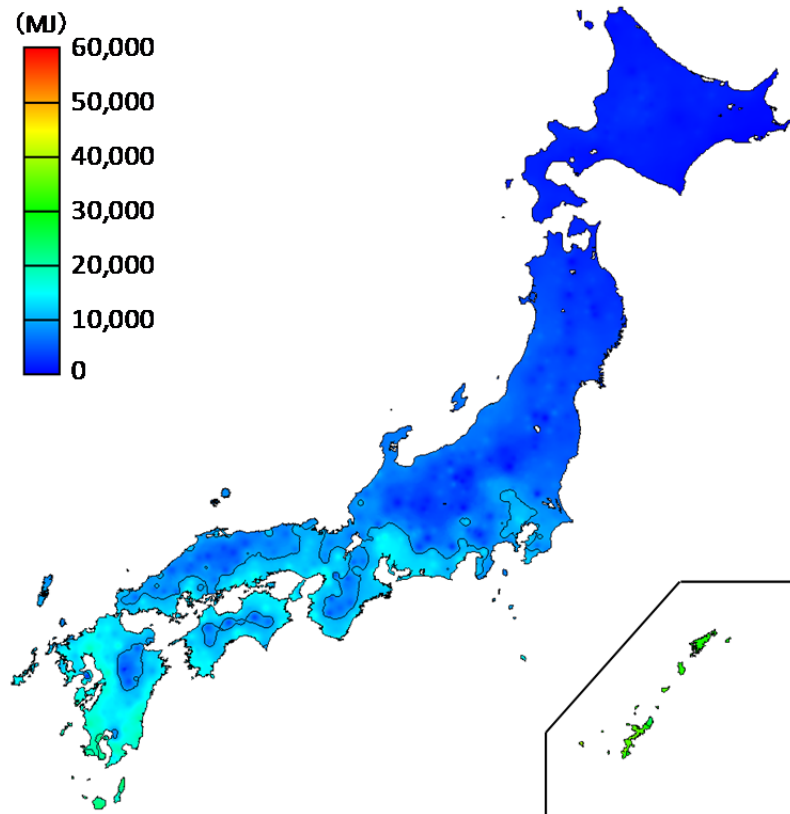


図 3.1.1 (c) 冷房負荷の分布

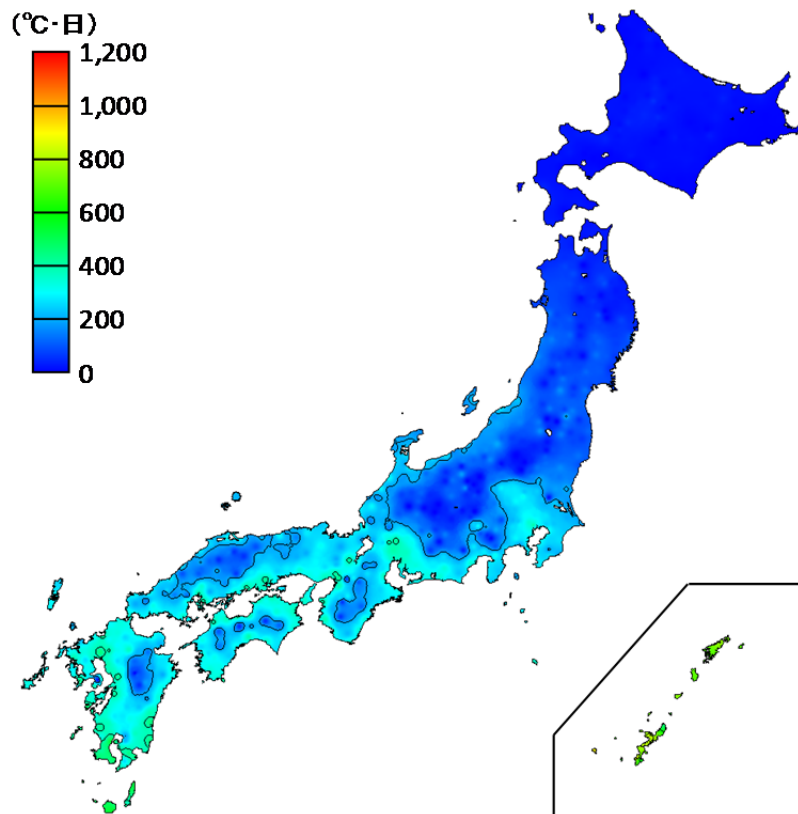


図 3.1.1 (d) CDD22 の分布

図 3.1.1(a)と図 3.1.1(b)を比較して、日本全国における分布での暖房負荷と HDD18 の関係性を分析する。全国的におおよそ分布の傾向の一致を確認することができる。これより、暖房負荷と HDD18 の高い相関を視覚的に捉えることができた。また、図において、高緯度地域となるに従って暖房負荷の増加及び HDD18 の増加が現れる傾向と島状の分布を形成する傾向の二つがあることに留意する。特に、HDD18 における分布では、全国的に島状の分布がよく現れている。山間部等により標高が周囲より高くなる地域においてこの島状の分布がみられる。これは、標高が高い地域の気温が周辺地域と比較して低く、暖房負荷及び HDD18 が周辺地域より大きくなるためと推察される。よって、これら傾向から暖房負荷及び暖房負荷と高い相関関係にある HDD18 の分布は、緯度、標高との関わりが大きいことが分かる。

次に、図 3.1.1(c)と図 3.1.1(d)を比較して、日本全国における分布での冷房負荷と CDD22 の関係性を分析する。冷房負荷及び CDD22 の分布についても暖房負荷及び HDD18 の分布同様に、緯度域による変化と標高に起因した島状に形成される分布が確認できる。しかし、冷房負荷については、沖縄等の南西諸島で急激に負荷が増加する傾向にあるため、本州等ではその変化の傾向が現れにくくなっている。また、CDD22 の分布では、それに加え CDD22 の日本全国の値の幅自体も狭く、表される分布の傾向は僅かとなっている。

### 3-1-2. 暖冷房デグリーM 値の分布と比較検討

暖房負荷と HDM24、冷房負荷と CDM24 においても高い相関関係にあることが既に示されている。そこで、HDM24、CDM24 の日本全国の分布についても示し、暖房負荷、冷房負荷及び HDD18、CDD22 による分布との比較検討を行う。図 3.1.2(a)、図 3.1.2(b)にそれぞれ HDM24 と CDM24 の日本全国の分布を示す。

図 3.1.2(a)に示す HDM24 の分布より、暖房負荷及び HDD18 の分布との類似性が確認でき、HDM24 の分布についても緯度、標高による関連性が示された。なお、太平洋側の分布では気候指標である HDD18 と HDM24 の分布により違いがみられる。HDM24 の分布における太平洋側では値が小さくなる。これは、HDM24 が算定の際に日射量を考慮した M 値を利用しているためと推察される。図 3.1.2(c)に年平均の日積算日射量の分布を示す。図から太平洋側での日射量が僅かに大きくなっていることが確認できる。よって、太平洋側については、日射量に応じて M 値が大きくなることで HDM24 が小さく算定され、これが HDM24 の分布に反映されていることが分かる。この太平洋側における分布の差異が日射量の影響を表していると言える。

HDM24 の分布に示された特徴については、図 3.1.2(b)に示す CDM24 の分布でも同様に確認することができる。なお、CDD22 の分布と比較すると CDM24 の分布では日本全国の値の幅が広いこと、緯度域による変化及び標高に起因した島状に形成される分布は分かり易いものとなっている。また、冷房負荷に関連する CDM24 の分布なので、日射量による影響は太平洋側の値が大きくなるという形で表される。

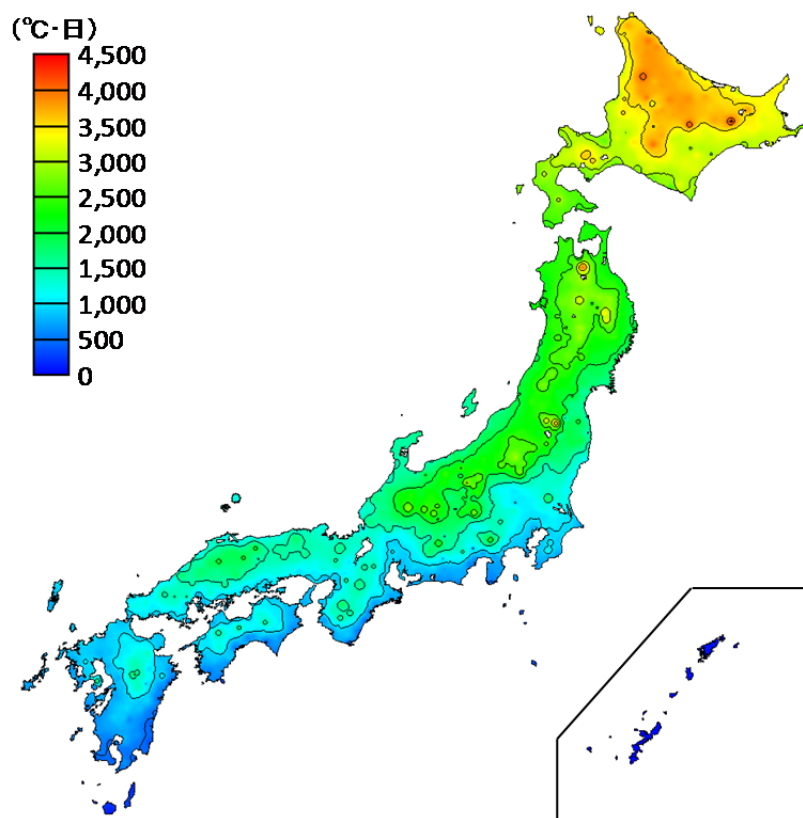


図 3.1.2 (a) HDM24 の分布

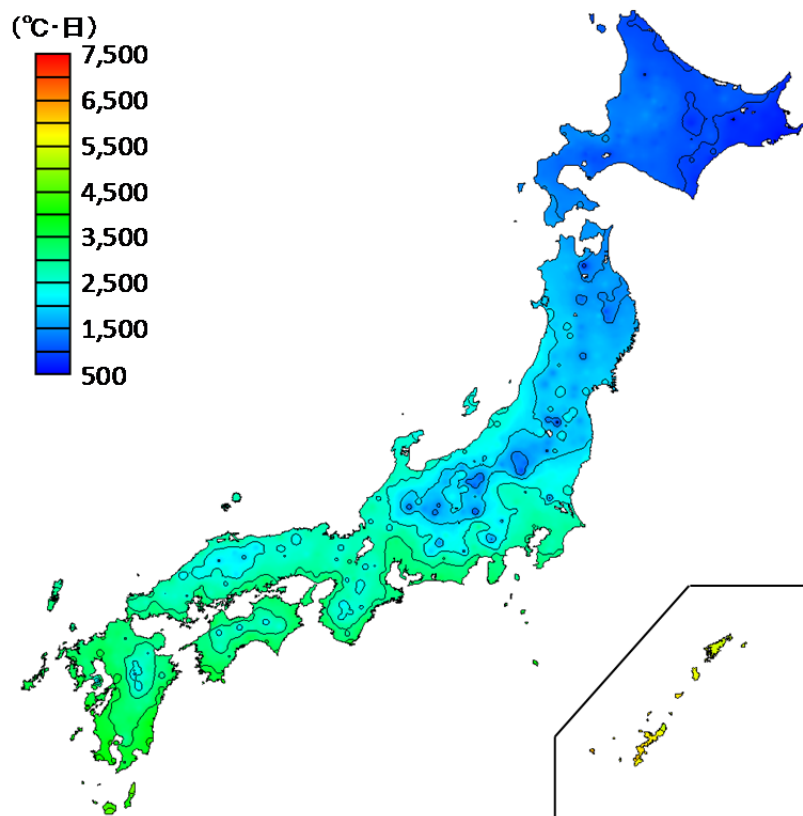


図 3.1.2 (b) CDM24 の分布

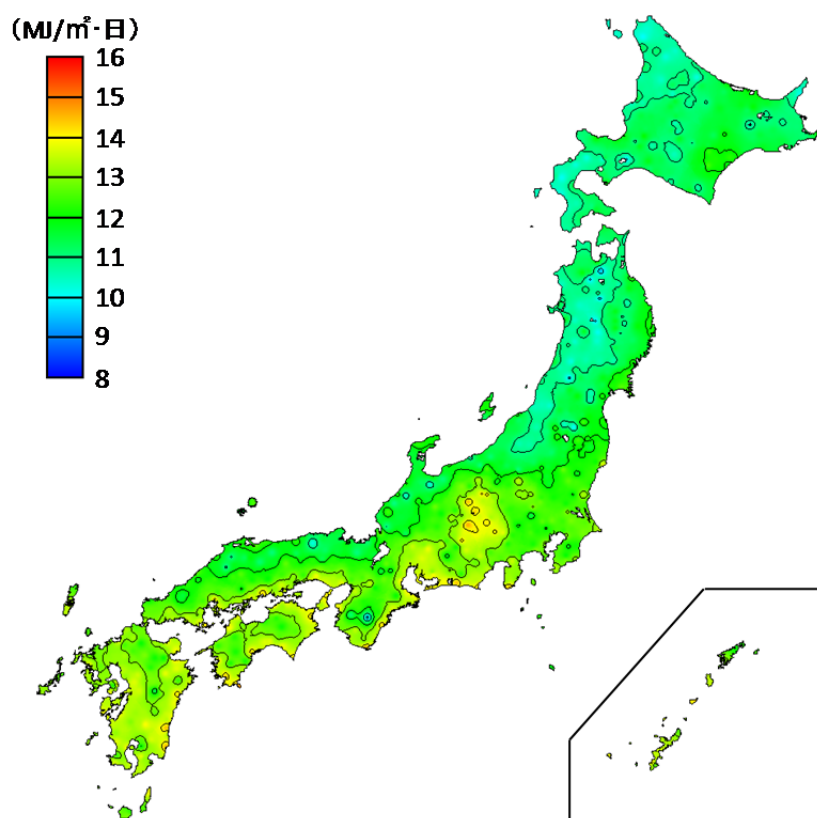


図 3.1.2(c) 日積算日射量の分布

### 3-2. 気温減率の適用性と高度補正

前節では気候指標を用いた日本全国における気候分布を示し、気候状態の傾向を捉えた。このとき示されるような気候状態への緯度、標高の関連については既往の研究[9],[10]においても示唆されている。これらの関係性については本研究において、図 3.1.1(a)から図 3.1.1(d)及び図 3.1.2(a)、図 3.1.2(b)でも確認できる。そこで、本研究では気候状態と関連する緯度、標高等の状況を分析するため、気候分布におけるこれら要因の表現を試みる。具体的には、既往研究でも行われた海拔 0m における日本全国での気候分布作成を本研究で用いた HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 の 4 気候指標を対象として行う。このとき、海拔 0m における気候状態の表現方法が必要となる。

標高と大きく関連する気象要素として気温が挙げられる。気温は標高が高くなるほど低下する傾向にある。一般的には標高 100m 上昇あたり 0.6℃気温が低下すると言われている。[11]しかし、この気温の低下は一般的な値であり、大気中の水蒸気量や対流等の影響を受け地域によって異なることが考えられる。よって、日本において適用できる気温の低下の程度(以下、気温減率とする。)をあらかじめ検証しておかなければならない。

本研究では、この気温減率の検証を拡張アメダス気象データに収録される 1981 年から 2000 年までの 20 年間のデータにより試みる。ここで、拡張アメダス気象データにより気温減率を検証する際の問題点が一つ挙げられる。それは、拡張アメダス気象データが 842

地点における各地点で、一つの標高のみのデータとなっていることである。本来気温減率の検証を行うためには、同じ地点における異なる標高でのデータを比較することが望ましい。したがって、この点に対応した気温減率の検証方法を考案し、日本を対象とした適切な気温減率を提案する。

気温減率の検証方法として、拡張アメダス気象データの最も近い地点の標高差と年平均気温差を比較する方法を考案する。拡張アメダス気象データは平均的な距離で、約 20km 四方に一箇所の割合で日本全国に分布する水平解像度の高い気象データとなっているので、最も近い地点での比較が可能と考えられる。このとき、地点間距離は 2 地点の緯度、経度情報を利用し、式 3.2(a)から式 3.2(c)に示す Hybeny の距離算定式[12]を用い算定する。Hybeny の距離算定式において用いる記号を以下に示す。

[記号]

D : 2 地点間の距離 [m]

P : 2 地点間の平均緯度 [°]

dP : 2 地点の緯度差 [°]

dR : 2 地点の経度差 [°]

M : 子午線曲率半径

N : 卯酉線曲率半径

$$D = \sqrt{(M * dP)(M * dP) + (N * \cos P * dR)(N * \cos P * dR)} \quad (3.2(a))$$

$$M = \frac{6334834}{\sqrt{(1 - 0.006674 * \sin P * \sin P)^3}} \quad (3.2(b))$$

$$N = \frac{6377397}{\sqrt{1 - 0.006674 * \sin P * \sin P}} \quad (3.2(c))$$

ここで、Hybeny の距離算定式により算定された 2 地点間の距離が最も短い 2 地点間の標高差と年平均気温差を比較する場合の留意事項について述べる。まず、2 地点間の標高差と年平均気温差の比較サンプル数についてである。拡張アメダス気象データでは 842 地点における気象データが収録されている。しかし、対象地点が相互に最も近い地点となる場合が考えられる。図 3.2(a)に最も近い 2 地点を選択する場合の概念図、表 3.2 に概念図における地点の情報を示す。図に示す A 地点における最も近い地点は B 地点となり、B 地点、C 地点、D 地点についても最も近い地点がそれぞれ表に示す通りとなっている。このとき、B 地点の最も近い地点が C 地点であり、反対に C 地点の最も近い地点が B 地点となっている。つまり、これらは相互に最も近い地点の関係にあり、同じサンプルとして扱わなければならない。

らない。この点を考慮し、842 地点中 583 地点が対象地点として得られた。

次に、留意しなければならないのが 2 地点間の距離である。2 地点間の距離が近ければ近いほど対象地点の気温と標高の関係を比較する上でよいのは言うまでもない。2 地点に距離があれば、都市化の程度や地形的要因等が気温に影響するためである。拡張アメダス気象データは水平解像度の高い気象データではあるものの、沖縄等の南西諸島では島一つ隔てるような地点が最も近い地点として選ばれる場合も確認される。そこで、2 地点間の距離に一定の制限を設けることで対処する。制限する距離が短過ぎると対象地点が減少し、長過ぎると上記したような気温への影響が否めない。図 3.2(b)に 2 地点間の距離以内に存在する対象地点数の割合を示す。この図から 25km 以内に対象地点数の 90%以上が存在することが分かる。なお、今回は、島一つ離れるような地点は含まず、できるだけ多くの地点数を確保することに努め、50km 以内を対象地点として扱うこととした。これより、図 3.2(a)における D 地点のような場合は対象地点から除き、最終的に 577 地点の対象地点とした。

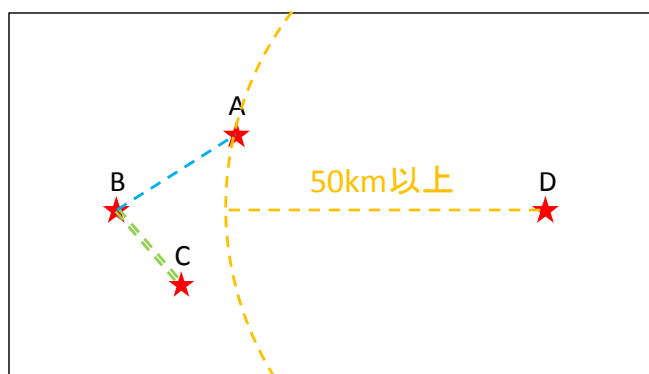


図 3.2(a) 最も近い 2 地点の選択の概念図

表 3.2 最も近い 2 地点の選択の概念図における地点情報

地点	A	B	C	D
最も近い地点	B	C	B	A
距離	50km以内	50km以内	50km以内	50km以上

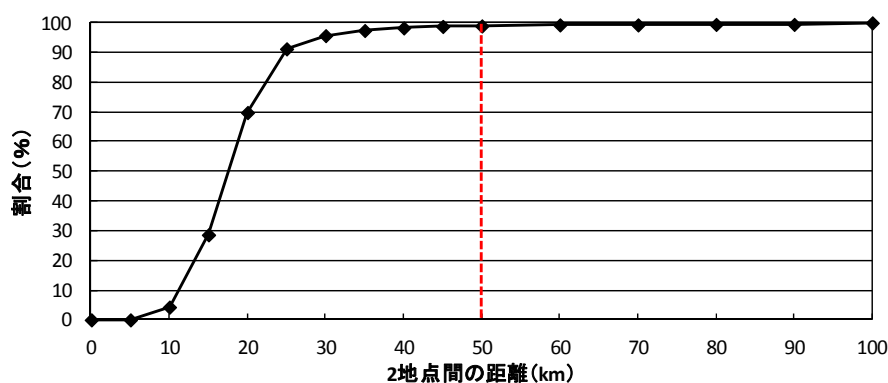


図 3.2(b) 2 地点間の距離以内にある対象地点数の割合

対象地点は前述した留意事項に従い 577 地点とし、2 地点間の標高差と年平均気温差の比較を試みる。図 3.2(c)に 2 地点間の標高差と年平均気温差の関係性について示す。図より、対象地点及び対象年によりばらつきがみられるものの、標高差と気温差に一定の相関がうかがえる。また、このときの近似直線が標高の上昇に伴う気温減率を表している。式 3.2(d)に図より導かれる気温減率を用いた海拔 0m における気温を算定する式を示す。このとき、定数 0.0682 は標高差がなくても気温差が生じることを表すので誤差として考えられる。式 3.2(d)から一般的に用いられる気温減率と大きな差がないことが分かる。よって、本研究では一般的な気温減率を用いた式 3.2(e)により海拔 0m における気温を算定する。

$$\theta_0 = \theta + 0.0062 h + 0.0682 \quad (3.2(d))$$

$$\theta_0 = \theta + 0.006 h \quad (3.2(e))$$

[記号]

- $\theta_0$  : 海拔 0m における気温 [°C]
- $\theta$  : 各地点標高における気温 [°C]
- $h$  : 標高 [m]

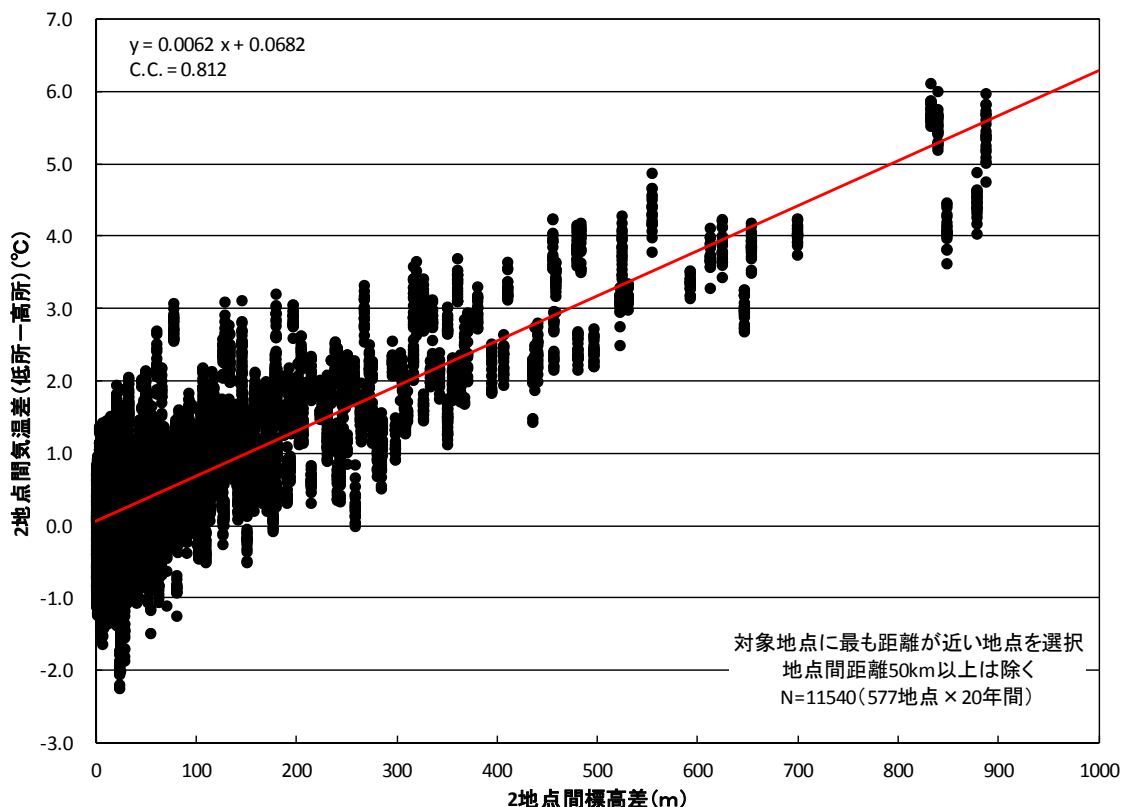


図 3.2(c) 拡張アメダス気象データにおける 2 地点間標高差と年平均気温差の関係

### 3-3. 海拔 0m における気候分布

本節では海拔 0m における気温を算定し、算定した気温を基に海拔 0m における HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 の 4 気候指標を求める。求めた海拔 0m における 4 気候指標については日本全国の分布を示し、海拔 0m における HDD18(以下、HDD18<sub>0m</sub> とする。)の分布と海拔 0m における HDM24(以下、HDM24<sub>0m</sub> とする。)の分布の比較及び海拔 0m における CDD22(以下、CDD22<sub>0m</sub> とする。)の分布と海拔 0m における CDM24(以下、CDM24<sub>0m</sub> とする。)の分布の比較を行う。また、各地点の標高による 4 気候指標と海拔 0m における 4 気候指標についても比較検討することで、標高による影響を考察する。

#### 3-3-1. 気温減率を用いた海拔 0m の気温算定

気温減率を用いた式 3.2(e)により海拔 0m における気温を算定する。このとき、各観測地点における標高が必要になるが、観測地点には移転が行われた地点が存在し、この移転に伴った標高の変化について考慮しなければならない。拡張アメダス気象データ収録の 842 地点のうち 299 地点でこれまでに移転が行われている。しかし、今回用いる 1995 年版標準年気象データが対象とする期間は、1981 年から 1995 年までの 15 年間なので、この期間における移転の有無が重要となる。1981 年から 1995 年までの 15 年間での移転について調査したところ、約 130 地点において移転が行われていることが判明した。移転に伴いそれぞれ標高が変化する地点も確認できた。図 3.3.1(a)に、観測地点の移転前後の標高差が横軸以内となる地点数が移転のあった地点数に占める割合を示す。多くの地点では 10m 以内の標高差で、移転のあった地点の約 90%は 50m 以内の標高の変化となっていたが、中には移転前後で 100m 以上の標高差が生じる地点もあった。これら移転前後で大きく標高が異なる地点については、海拔 0m の気温を算定する際何らかの対応策を講じなければならない。

1995 年版標準年気象データでは、2-1-3 節で示したように月別にそれぞれ平均的な年(平均月)を選択して繋ぎ合せて仮想の 1 年間の気象データとしている。そこで、観測地点移転に伴う標高差に対応した海拔 0m における気温の算定方法として、選択された平均月の年毎の標高を利用することを提案する。ここで、最も観測地点の移転前後で標高差が大きかった標高差 116m の大島と標高差が 50m の犬飼、標高差が 10m の中条を例にこの方法について検証する。表 3.3.1(a)に上記 3 地点の観測地点移転日と移転前後での標高差を示し、表 3.3.1(b)に上記 3 地点の 1995 年版標準年気象データにおける平均月を示す。表 3.3.1(b)では、移転後の平均月を橙色で表示した。式 3.2(e)で気温を算定すると標高差 10m、50m、116m はそれぞれ 0.06°C、0.30°C、0.70°C 差となる。この気温差と表 3.3.1(a)に示す観測地点移転の期間を考慮して算定した気温に基づき HDD18<sub>0m</sub> 及び CDD22<sub>0m</sub> を求め、観測地点の移転を考慮しなかった場合に算定した気温に基づいた HDD18<sub>0m</sub> 及び CDD22<sub>0m</sub> と比較する。なお、観測地点の移転を考慮しない場合、平均月が多い期間の観測地点の標高を用いる。

それぞれに算定した HDD18<sub>0m</sub>、CDD22<sub>0m</sub> を表 3.3.1(c)に示す。観測地点移転前後の標高差が 10m の中条においては、HDD18<sub>0m</sub>、CDD22<sub>0m</sub> とともに移転に伴った標高差の考慮の有



無の差が極めて小さかった。一方で、観測地点移転前後の標高差が 50m、116m の犬飼や大島では HDD180m、CDD220m とともに移転に伴った標高差の考慮の影響が確認された。また、ここでは示していないが標高差が 20m の場合、HDD180m に約 5°C・日の差が生じる結果となっている。これらの考察を踏まえて、観測地点移転に伴う標高差が 10m を超える場合は移転前後の標高を用いて海拔 0m の気温を算定することとし、観測地点移転に伴う標高差が 10m 以内では平均月の多い期間の観測地点の標高を用いて海拔 0m の気温を算定することとした。

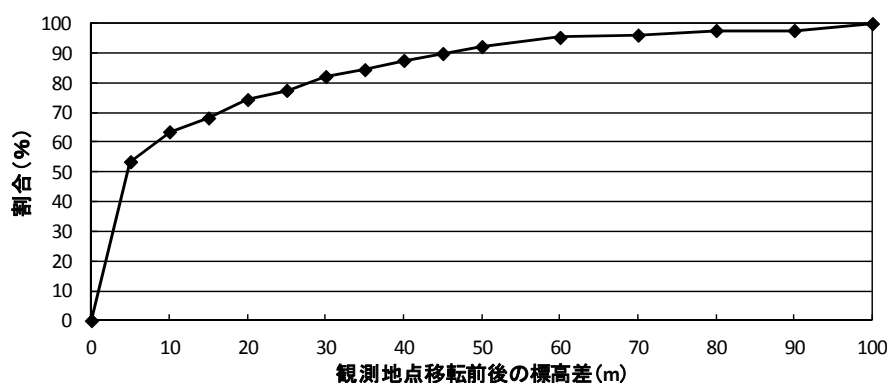


図 3.3.1 (a) 観測地点移転前後の標高差以内にある地点数の割合

表 3.3.1 (a) 観測地点の移転状況

地点名	開始年日	移転年日	終了年日	移転前後の標高差
中条	1981年1月	1984年 5月	1995年12月	10m
犬飼	1981年1月	1990年12月	1995年12月	50m
大島	1981年1月	1991年12月	1995年12月	116m

表 3.3.1 (b) 1995 年版標準年気象データにおける平均月(年)

地点名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
中条	91	81	93	89	90	88	87	89	88	89	91	89
犬飼	94	88	81	90	84	94	88	81	88	92	92	90
大島	82	91	93	81	90	93	92	87	85	82	91	87

表 3.3.1 (c) 観測地点移転の考慮の有無による HDD180m、CDD220m (°C・日)

地点名	観測地点移転の考慮				差	
	あり		なし			
	HDD180m	CDD220m	HDD180m	CDD220m	HDD180m	CDD220m
中条	2422	244	2423	244	1	0
犬飼	1865	298	1839	302	26	4
大島	1364	286	1386	259	22	27

### 3-3-2. 海拔 0m における暖冷房度日と暖冷房デグリー・M 値の分布

算定した海拔 0m における気温を基に HDD180m、CDD220m、HDM240m、CDM240m を求め、それぞれの日本全国の分布を作成する。図 3.3.2(a)から図 3.3.2(d)に HDD180m、HDM240m、CDD220m、CDM240m の分布を示す。

HDD180m の分布と HDM240m の分布を比較すると、HDM240m の分布の太平洋側の部分において値が小さくなる傾向をみることができる。これは、前述した太平洋側で日射量が大きくなる状況に則した結果と言える。また、これら二つの気候指標による分布を全体的にみた場合、各地点標高によるそれぞれの分布を表した図 3.1.1(b)、図 3.1.2(a)と比較して、緯度方向での緩やかな変化となっていることが確認できる。高度補正し、仮想的な海拔 0m での気温状態を再現したことで、標高の影響がうまく除かれたことが推察される。よって、この比較からも図 3.1.1(b)と図 3.1.2(a)における島状に現れる分布が標高に起因したものであることがうかがえる。さらに、その標高に起因した気候分布への影響は高度補正を用いることでうまく取り除くことができることも分かった。

これら HDD180m の分布及び HDM240m の分布で確認できた傾向については、CDD220m の分布及び CDM240m の分布でもみることができる。図 3.3.2(c)と図 3.3.2(d)による CDD220m の分布、CDM240m の分布を全体的にみた場合、各地点標高によるそれぞれの分布を表した図 3.1.1(d)、図 3.1.2(b)と比較して、緯度方向での緩やかな変化が表されており、HDD180m の分布、HDM240m の分布同様に標高に起因した島状の分布の緩和が確認できる。なお、CDM240m の分布については CDD220m の分布と比較すると、太平洋側で日射量が大きめという影響を含む関係で値が大きくなる傾向にある。

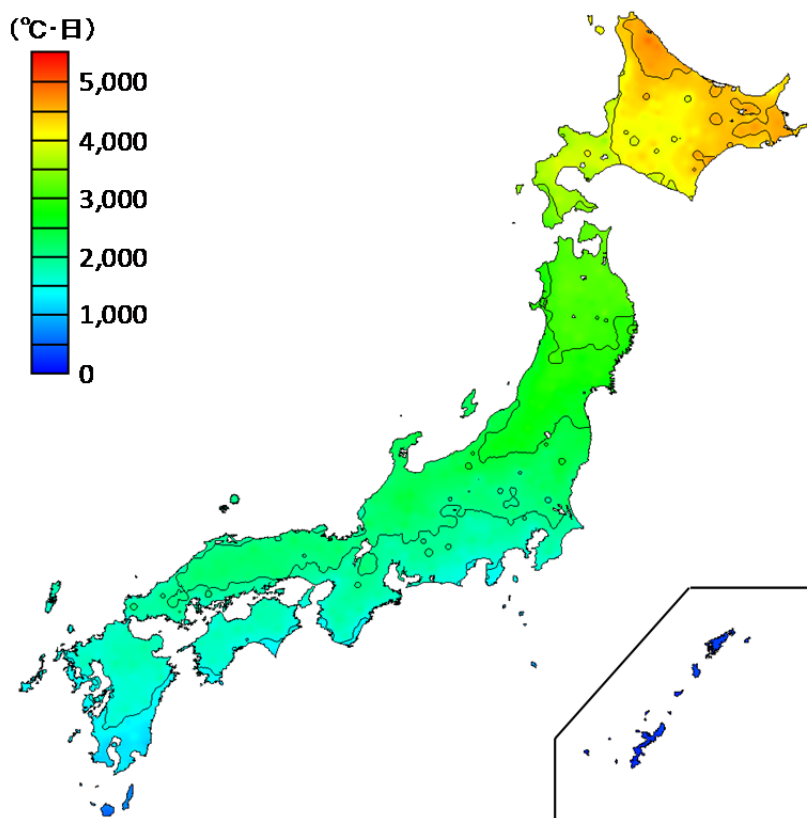


図 3. 3. 2 (a) HDD180m の分布

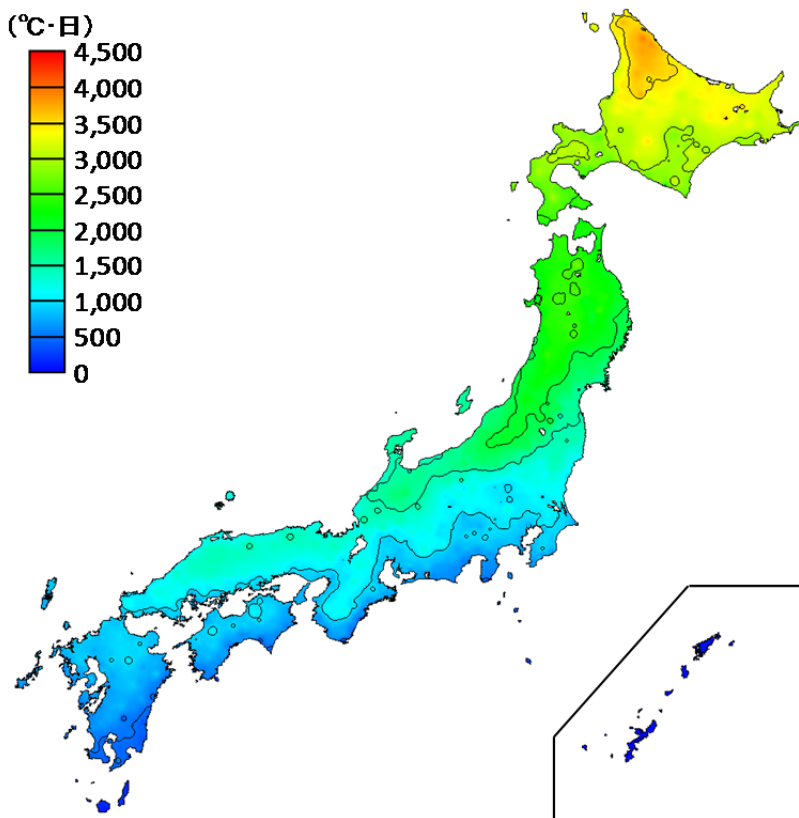


図 3. 3. 2 (b) HDM240m の分布

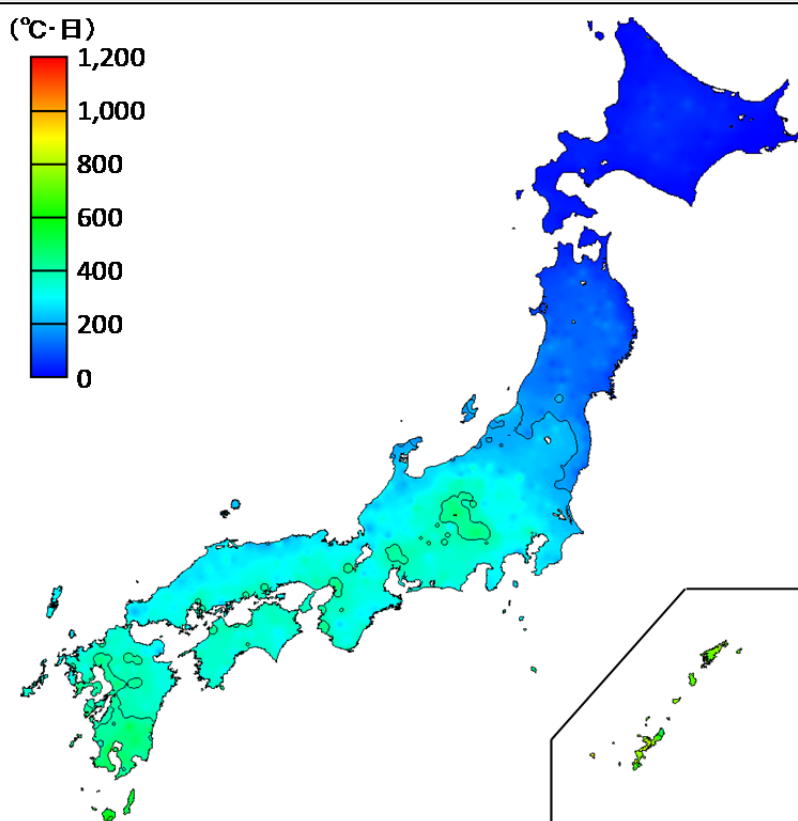


図 3. 3. 2 (c) CDD220m の分布

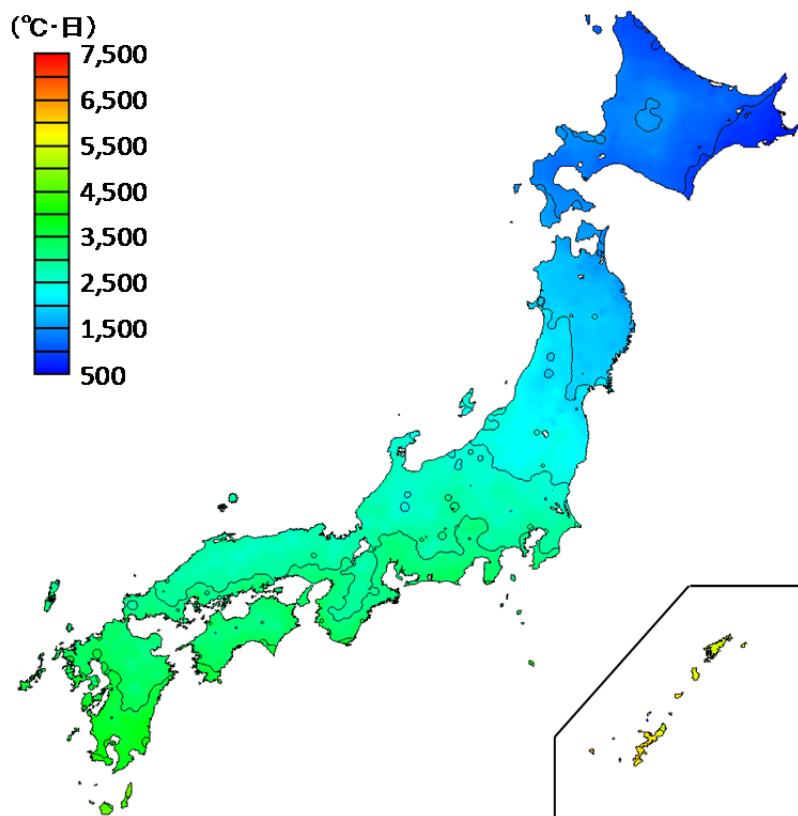


図 3. 3. 2 (d) CDM240m の分布

### 3-4. 日本における気候分布と標高以外の関係性

前節で示された通り各気候指標による日本全国の分布では、緯度、標高による影響が現れている。標高についてはこれまでに高度補正を行い、各地点標高と海拔 0m におけるそれぞれの気候指標の分布を比較することでその程度を把握した。本節では、緯度及びその他に影響が考えられる都市化や地形的要因等と日本全国における気候分布との関係性について考察する。

#### 3-4-1. 気候分布における緯度の関係性

既往研究[9],[10]においても示唆され、これまでに表した気候分布でもみることのできる緯度と各気候指標との関係性をここでは確認する。図 3.4.1(a)から図 3.4.1(d)にそれぞれ緯度と HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 の相関を示す。図より CDD22 との相関関係がその他と比べると僅かに劣るものの各気候指標とも高い相関関係にあることが分かる。これより、各気候指標による日本全国の分布同様に相関関係からも緯度と各気候指標に大きな関係性があることが示された。

さらに、海拔 0m における各気候指標による分布で標高の影響が除かれることにより緯度との関係性がより鮮明に現れたということに着目し、海拔 0m における各気候指標による緯度との関係性について確認する。図 3.4.1(e)から図 3.4.1(h)にそれぞれ緯度と HDD18<sub>0m</sub>、CDD22<sub>0m</sub>、HDM24<sub>0m</sub>、CDM24<sub>0m</sub> との相関を示す。まず、図 3.4.1(a)から図 3.4.1(d)と比較してそれぞれプロットによるばらつきが解消されていることが確認できる。ここで解消されたプロットのばらつきが標高による影響分だと言える。標高による影響が除かれたことにより、期待通り緯度と各気候指標の関係性が明らかになった。よって、これら図 3.4.1(a)から図 3.4.1(h)を総合的に鑑み緯度が HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 の4気候指標に大きく関係していると判断する。

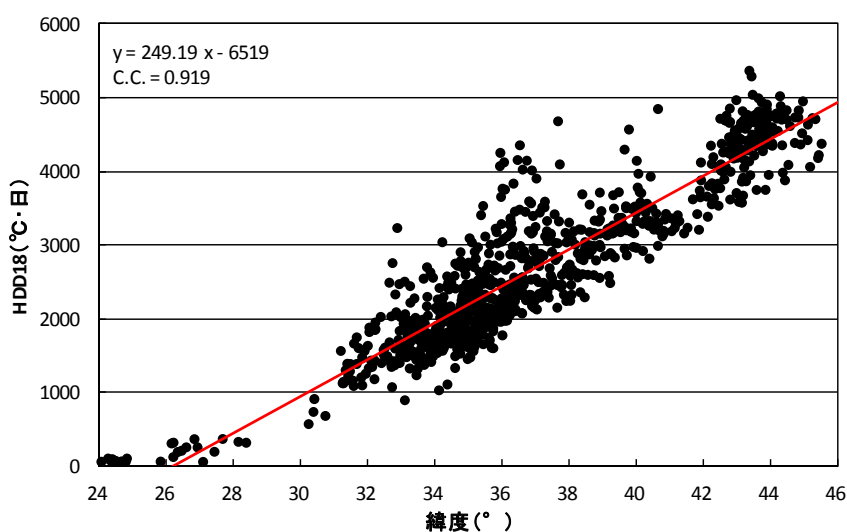


図 3.4.1(a) 緯度と HDD18 の相関図

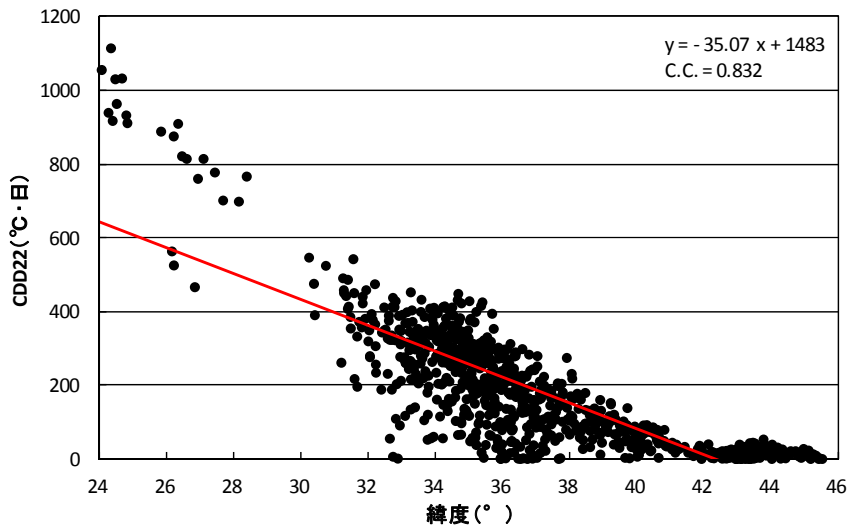


図 3.4.1 (b) 緯度と CDD22 の相関図

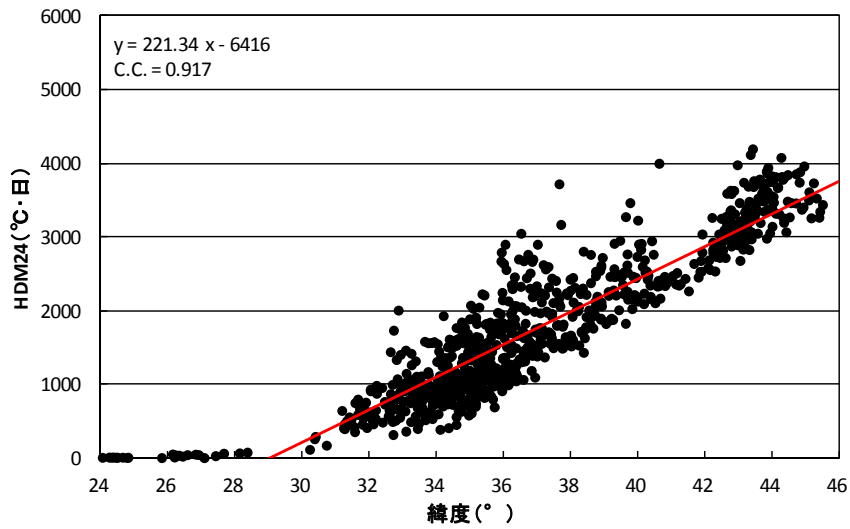


図 3.4.1 (c) 緯度と HDM24 の相関図

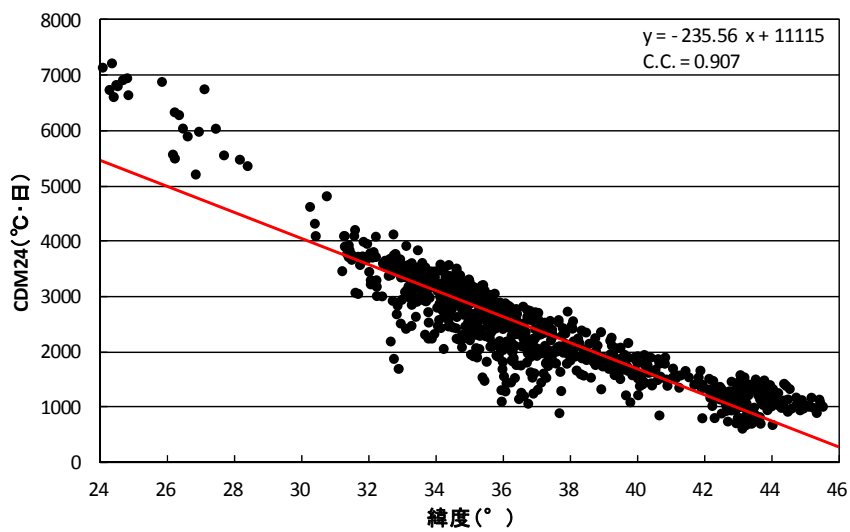


図 3.4.1 (d) 緯度と CDM24 の相関図

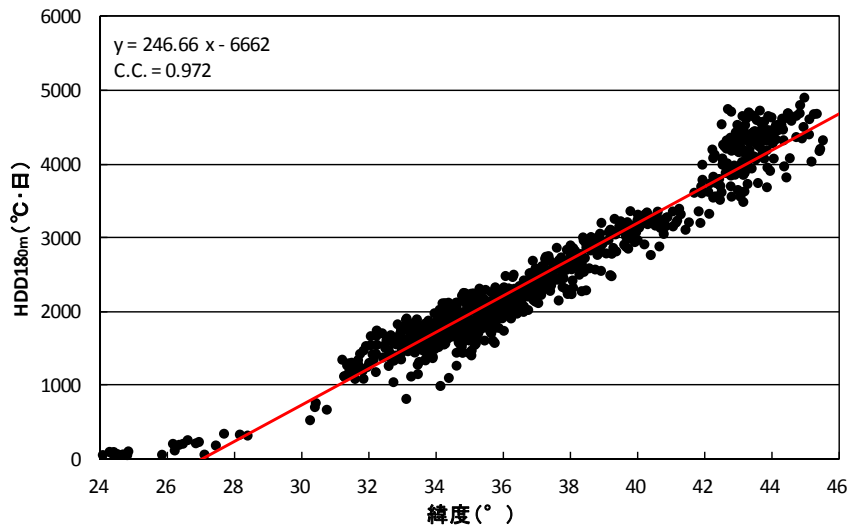


図 3. 4. 1 (e) 緯度と HDD180m の相関図

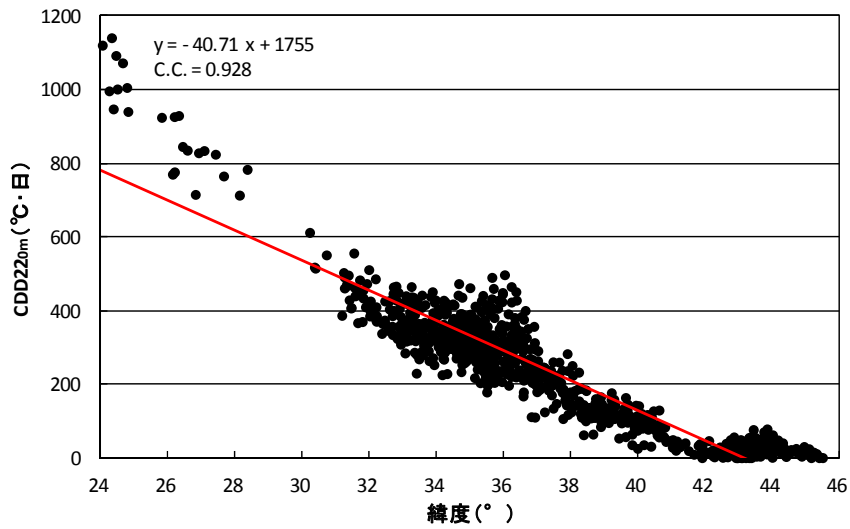


図 3. 4. 1 (f) 緯度と CDD220m の相関図

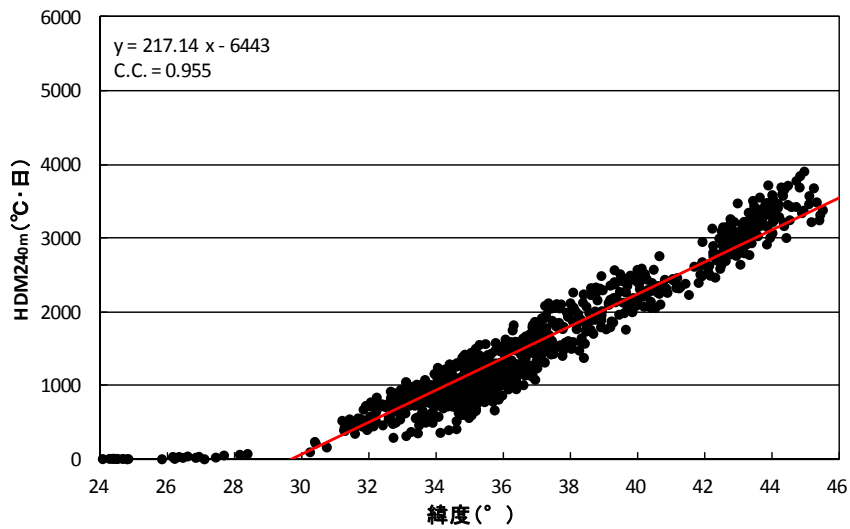


図 3. 4. 1 (g) 緯度と HDM240m の相関図

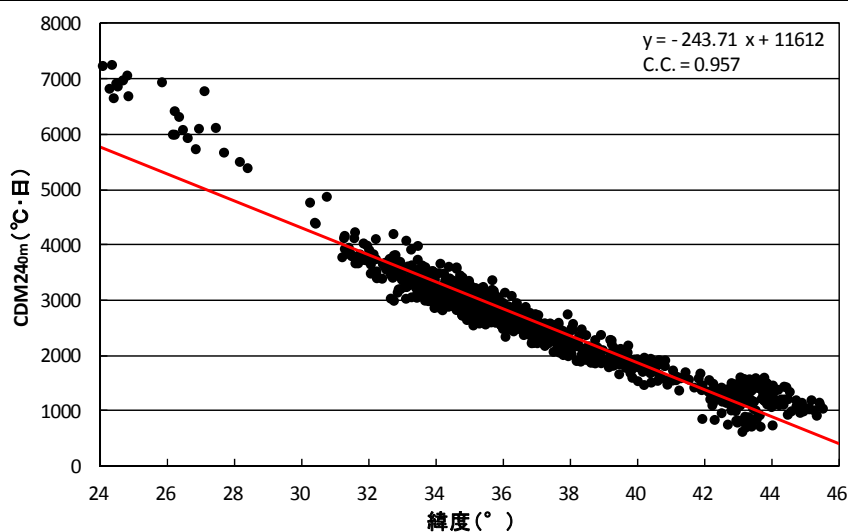


図 3.4.1 (h) 緯度と CDM240m の相関図

### 3-4-2. 人口による都市化の影響判断

日本全国における気候分布と都市化の関係性について考察する。都市化による人工被覆や排熱の増加が気候状態に影響することは明らかである。この都市化が気候状態に影響を及ぼすことは既往研究[2],[3]においても示されている。そこで、本節では都市化の状況を人口を用いて定量的に評価し、都市化の程度と気候状態の関係性を検証する。ここでは、最も都市化が影響を及ぼすと思われる気象要素の一つである気温と HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 の 4 気候指標との関係性に着目する。なお、都市化と関係性のない人口集中や高層マンション等による一定の都市化での爆発的な人口集中が起こる場合等も当然考えられるため、人口による都市化の状況判断は参考程度と捉える。

人口は平成 7 年国勢調査地域メッシュ統計[4]による地域の人口データを用いる。国勢調査に関する地域メッシュ統計では、標準地域メッシュの 3 次メッシュに基づいて、国勢調査結果が各メッシュ毎に編成される。標準地域メッシュの 3 次メッシュとは、図 3.4.2(a)に示すような緯度方向 40'、経度方向 1° の標準地域メッシュの 1 次メッシュと呼ばれるものを図 3.4.2(b)に示すように緯度経度 8 等分することで 2 次メッシュとし、それをさらに緯度経度 10 等分することで、図 3.4.2(c)に示すような緯度方向 30" (約 1km)、経度方向 45" (約 1km)の空間密度で表したものである。図 3.4.2(a)の赤枠で囲った鹿児島県を対象として図 3.4.2(b)の 2 次メッシュを例示し、さらに桃色の枠で囲った鹿児島市を対象として図 3.4.2(c)に 3 次メッシュを例示した。

詳細な各地域の人口データと拡張アメダス気象データにおける各地点の気温及びそれより算定される 4 気候指標との関係性について検証する。本研究で用いる気象データの 1995 年版標準年気象データの対象期間が 1981 年から 1995 年の 15 年間であること及び国勢調査地域メッシュ統計の整備状況等を考慮し、人口データには平成 7 年(1995 年)を使用することとした。



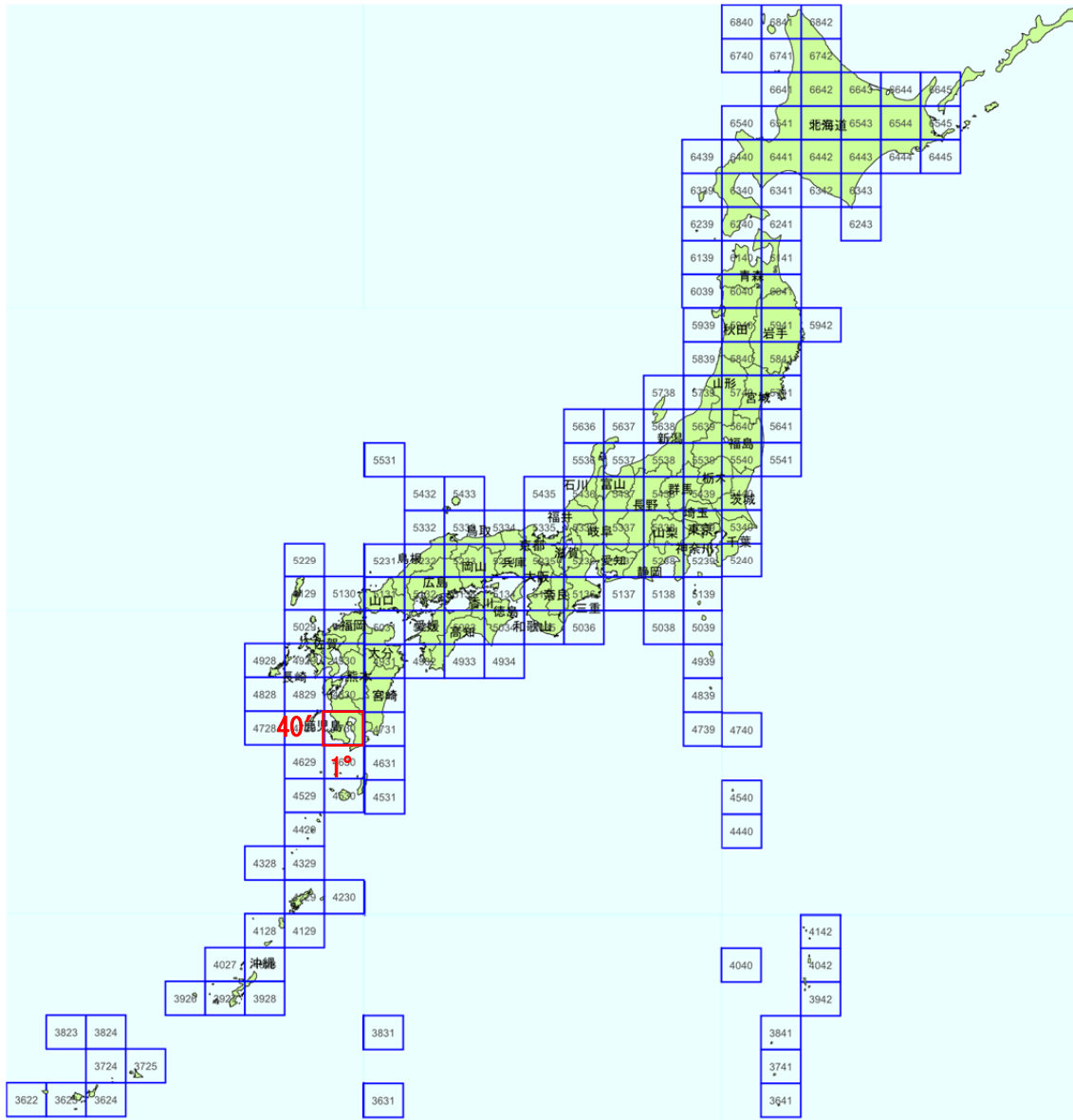


図 3.4.2(a) 1次メッシュ

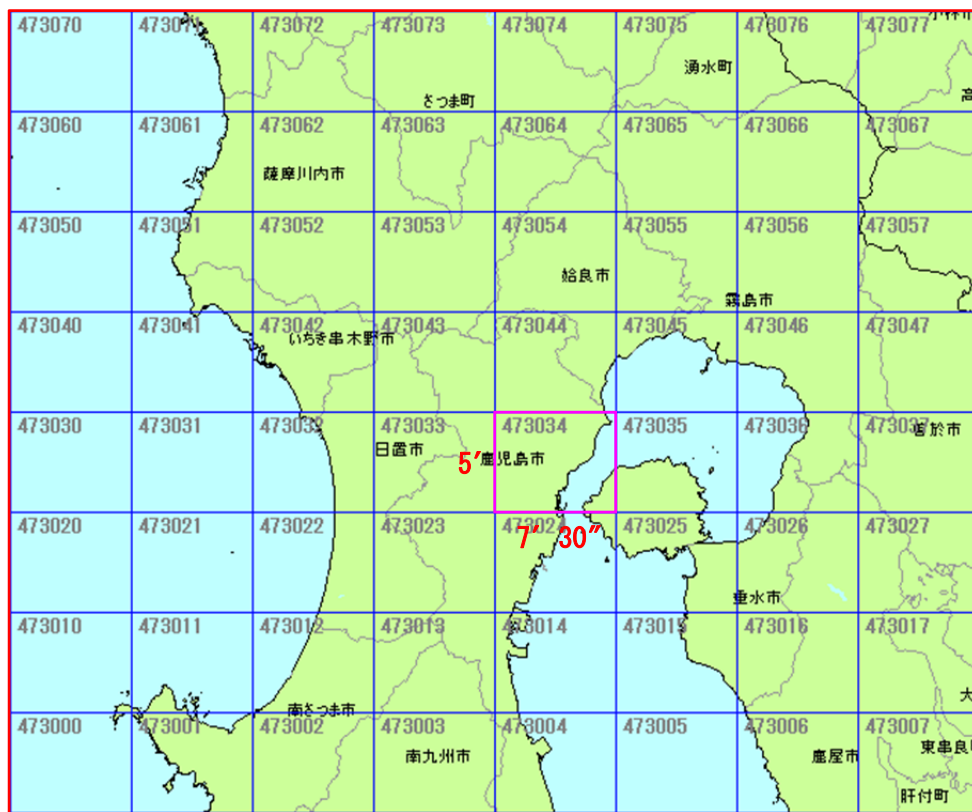


図 3.4.2(b) 2次メッシュ (鹿兒島県)

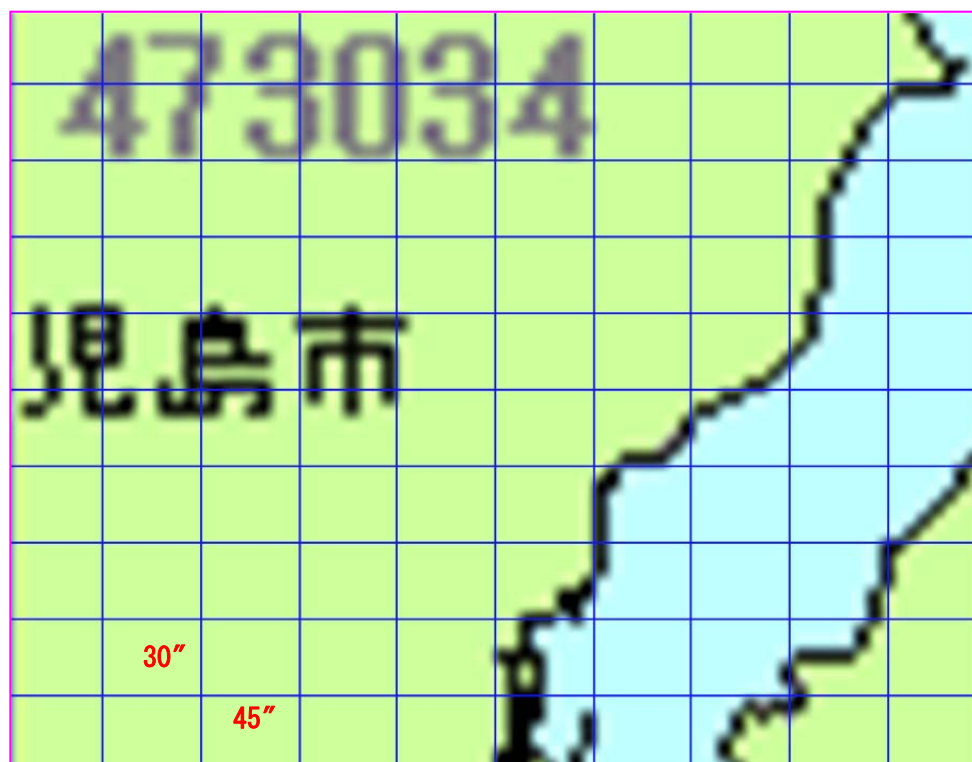


図 3.4.2(c) 3次メッシュ (鹿兒島市)

気象データにおける気温及びそれより算定される4気候指標との関係性を検証するにあたり、拡張アメダス気象データ対象地点と国勢調査地域メッシュ統計による3次メッシュで与えられる人口データを対応させる必要がある。簡単な対応方法としては、図3.4.2(d)に示すように拡張アメダス気象データの各地点に最も近い3次メッシュの地点を選択する方法で、この方法を最近点選択法とする。最も近い地点における両データにより関係性を考察する。しかし、人口により都市化の状況を判断するという趣旨を鑑みると、広範囲に及ぶ都市の気候状態への影響も考慮したいため、最も近い地点の人口のみを選択することが必ずしも適切とは言えない。そこで、ある一定の範囲における人口を対象とする方法についても検討する。

具体的には、拡張アメダス気象データの周辺の影響を加味するため、拡張アメダス気象データの地点を中心とした一定の距離内にある3次メッシュの地点をすべて選択し、距離に応じた重みを付加することで平均的な人口を算定する方法である。この方法を距離加重平均選択法とし、図3.4.2(e)に概念図を示す。算定した人口と拡張アメダス気象データにおける気温等により関係性を考察する。このとき、距離に応じた加重平均は式3.4.2(a)、式3.4.2(b)に従う。また、距離加重平均選択法において一定の距離を定める必要があるが、本研究では図3.4.2(e)に示す通り3kmと5kmの2通りで行う。なお、地点の選択において必要となる2地点間の距離算定については、3-2節同様に2地点の緯度、経度情報を利用し、式3.2(a)から式3.2(c)に示すHybenyの距離算定式[12]を用いる。

図3.4.2(d)、図3.4.2(e)で赤の四角で表した地点が対象となる拡張アメダス気象データの観測地点であり、黒の丸で表した地点が国勢調査地域メッシュ統計による3次メッシュの地点である。選択した3次メッシュの地点については赤の丸で表した。3次メッシュは、通常図3.4.2(c)に示すように格子状に表され、格子の面内における人口データが収録されているが、本節では距離算定を行うために基準となる点を定めなければならないので、各格子における中心を代表地点として表した。

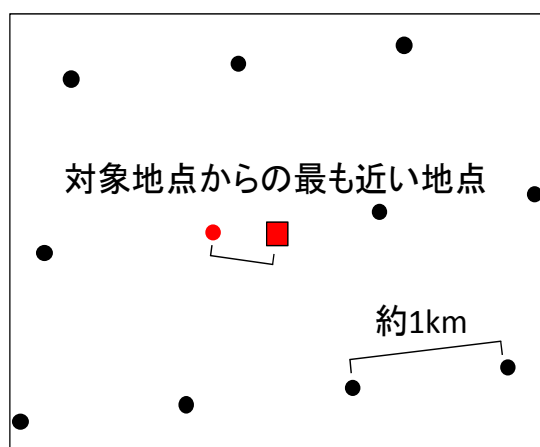


図 3.4.2(d) 最近点選択法

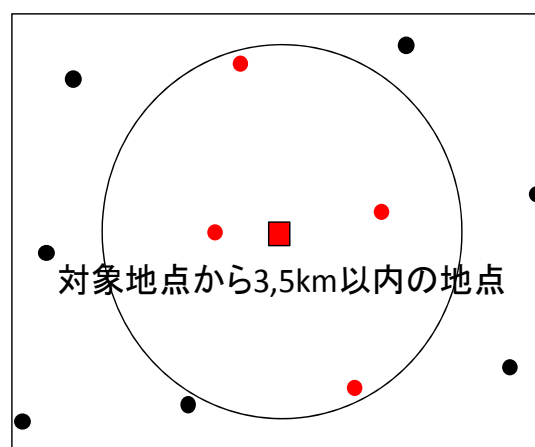


図 3.4.2(e) 距離加重平均選択法

$$P_o = \sum_{i=1}^n \left( P_{o1} \times \frac{l_1}{L} + P_{o2} \times \frac{l_2}{L} + \dots + P_{on} \times \frac{l_n}{L} \right) \quad (3.4.2(a))$$

$$L = \sum_{i=1}^n (l_1 + l_2 + \dots + l_n) \quad (3.4.2(b))$$

ここで、距離に応じた加重平均の式で用いた記号について示す。

[記号]

$P_o$  : 人口 [人]

$L$  : 拡張アメダス気象データと国勢調査地域メッシュ統計の 2 地点間距離の逆数合計

$l_i$  : 拡張アメダス気象データと国勢調査地域メッシュ統計  $i$  地点の 2 地点間距離の逆数

$i$  : 選択した国勢調査地域メッシュ統計の地点番号

#### (1)最近点選択法による考察

最近点選択法により選択した人口を用いた拡張アメダス気象データにおける気温及びそれより算定される 4 気候指標との関係性について考察する。図 3.4.2(f)に拡張アメダス気象データの地点の一つである東京について、国勢調査地域メッシュ統計による 3 次メッシュの地点選択例を示す。図 3.4.2(f)は Google Earth[13]により東京管区気象台を中心に示した地図である。赤い四角で表わした地点が東京管区気象台、黒い丸で表わした地点が国勢調査地域メッシュ統計による 3 次メッシュの地点である。また、選択した地点については赤い丸で表わしている。図より拡張アメダス気象データの地点に最も近い地点が選択されていることが分かる。加えて、2 地点間距離は約 500m とかなり近い地点が選択できていると判断する。

ここで、2 地点間距離についての全国を対象とした検証を行う。先に述べた東京の例では、選択した 2 地点間距離が約 500m と短かったため近い地点の選択ができたと判断した。しかし、東京による結果のみでは全国一律に近い地点の選択ができているとすることはできない。これは、国勢調査地域メッシュ統計による 3 次メッシュの地点が緯度、経度によって等間隔に規則正しく配置されているのに対して、アメダス観測地点である拡張アメダス気象データの各地点が不規則な配置となっているため、拡張アメダス気象データの各地点における 2 地点間距離がそれぞれ異なるからである。そこで、全国を対象として検証するため、日本全国 842 地点における 2 地点間距離を距離ごとの頻度分布として図 3.4.2(g)に示し、全地点の把握を図る。

図から全体の約 99%の地点が 2 地点間距離 1.2km 以内にあることが分かる。これより、ほぼ全ての地点において近い地点が選択できていると言えるが、一方で、2 地点間距離 3km を超える地点が存在することも明らかとなった。国勢調査地域メッシュ統計による 3 次メ

メッシュが、約 1km 四方に 1 地点という高い空間密度であることから 2 地点間距離が 3km を超えてしまうことは考え難い。また、2 地点間距離が遠くなればなるほど関連性が希薄になる恐れがある。そこで、これら距離が遠くなる地点についてはその要因を分析し、対応しなければならない。

今回このように 2 地点間距離が遠くなってしまった要因としては、山間部や水地等において平成 7 年国勢調査地域メッシュ統計で人口データが整備されていないためと考えられる。2 地点間距離が 1.8km を超えた拡張アメダス気象データの地点を表 3.4.2 に示す。表より対象地点が山間部及び島に存在することが分かる。図 3.4.2(h)から図 3.4.2(j)に Google Earth によるそれぞれの地点を中心とした地図を示す。図から確認できるようにそれぞれ山間部に位置し、都市化の進展や人口が少ないことがうかがえる。特に、最も近い地点との 2 地点間距離が 4km を超える阿蘇は、観測地点が阿蘇山に位置するため周辺での都市化の影響はないものと推察される。さらに、それぞれの地点における人口は、八幡平が 48 人、阿蘇が 5 人、渡嘉敷が 403 人とそれほど多いものではない。よって、ここでは 2 地点間距離が遠い地点についても都市化の状況を把握するという点で問題ないと判断する。

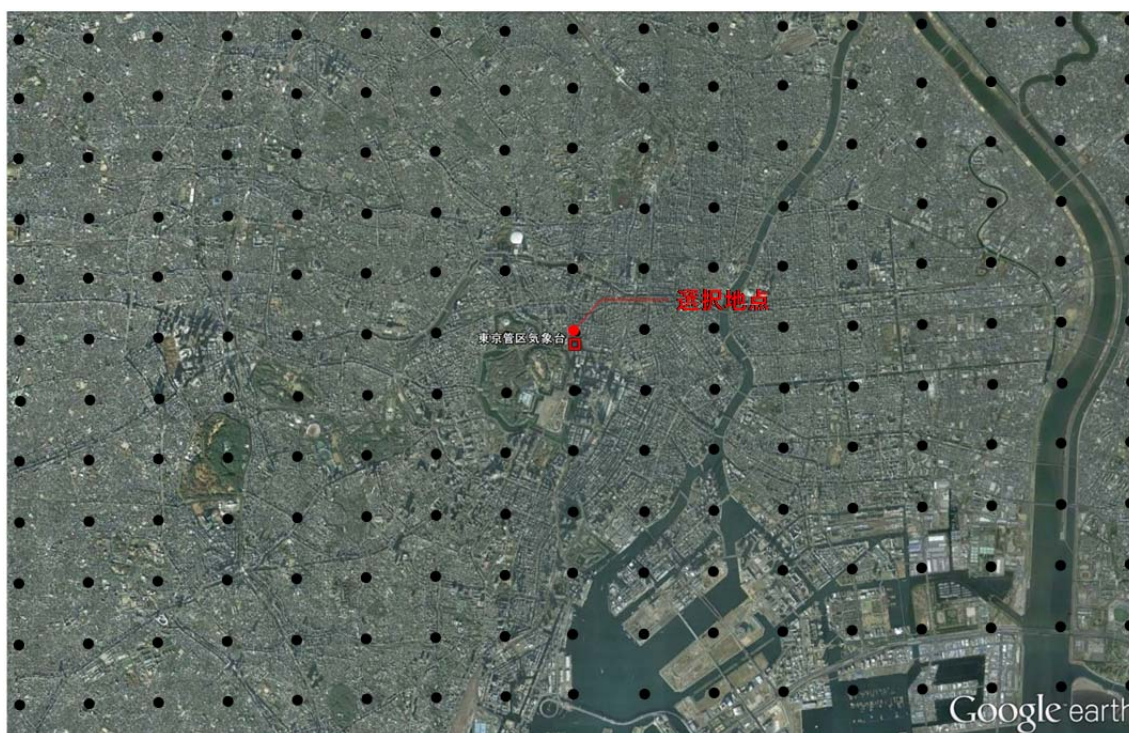


図 3.4.2(f) 最近点選択法による地点選択例（東京）

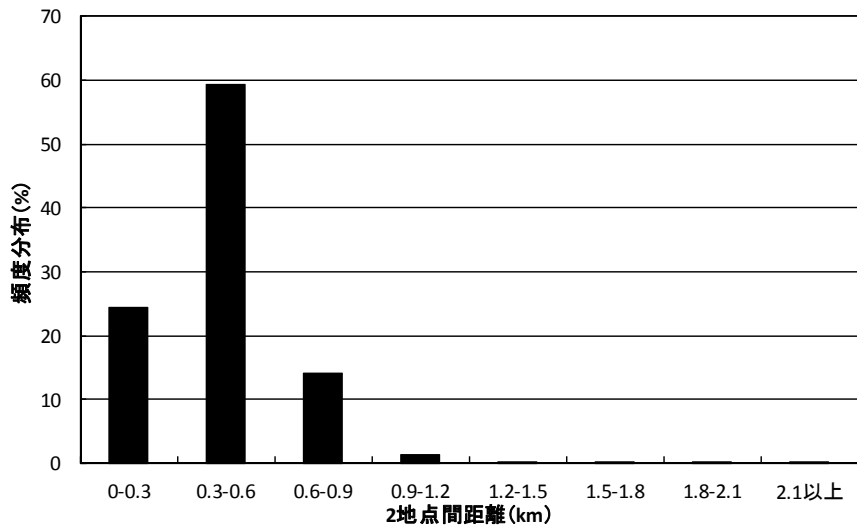


図 3.4.2 (g) 最近点選択法による 2 地点間距離の頻度分布

表 3.4.2 2 地点間距離が 1.8km 以上の地点情報

拡張アメダス気象データ地点情報			国勢調査地域メッシュ統計選択地点情報		2地点間距離(km)
地点名	緯度	経度	緯度	経度	
八幡平	40.014	140.802	40.038	140.819	2.954
阿蘇	32.880	131.073	32.871	131.119	4.433
渡嘉敷	26.212	127.365	26.196	127.369	1.859



図 3.4.2 (h) 八幡平の選択地点

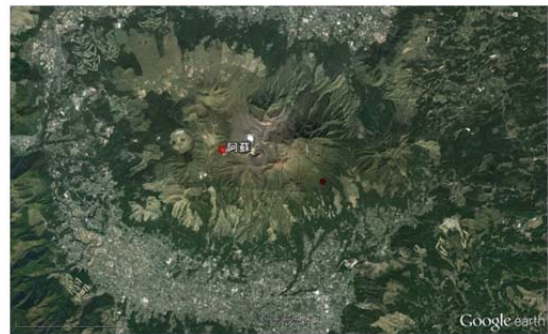


図 3.4.2 (i) 阿蘇の選択地点



図 3.4.2 (j) 渡嘉敷の選択地点

拡張アメダス気象データ収録の 842 地点の気温及びそれより算定される 4 気候指標について、最近点選択法により平成 7 年国勢調査地域メッシュ統計から選択した最も近い地点の人口との関係性を検証する。図 3.4.2(k)から図 3.4.2(o)にそれぞれ気温、HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 と人口の相関を示す。各図から分かるように気温をはじめとしたそれぞれの気候指標と人口の間に優位な相関関係はみられない。このように各気候指標と人口に相関関係が認められなかった要因としては、最近点選択法で選択した最も近い地点での人口が適切に都市化の状況を表していなかったことや、都市化の気候状態に与える影響が小さかったこと、1000 人以下の人口の地域に観測地点が集中していたこと等が推察される。都市化の状況を表すための人口データの取り扱いについては、前述したように距離加重平均選択法を用いてさらなる検証を進める。

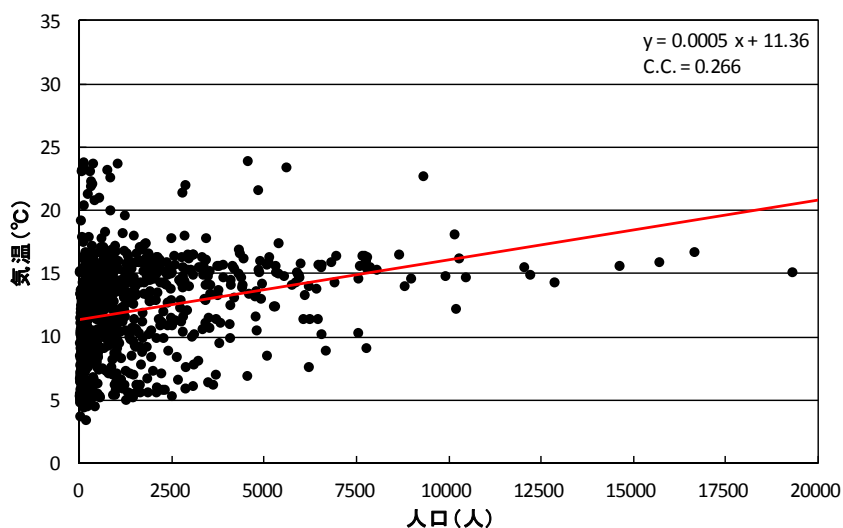


図 3.4.2(k) 人口と気温の相関図

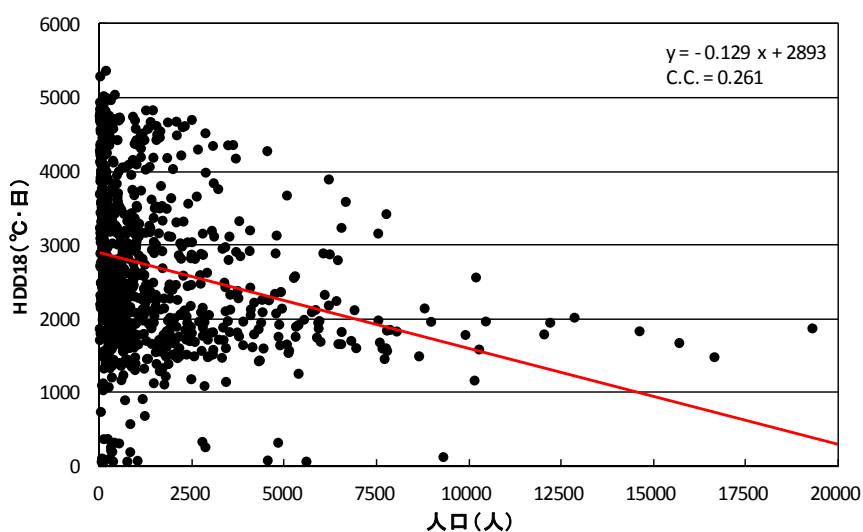


図 3.4.2(l) 人口と HDD18 の相関図

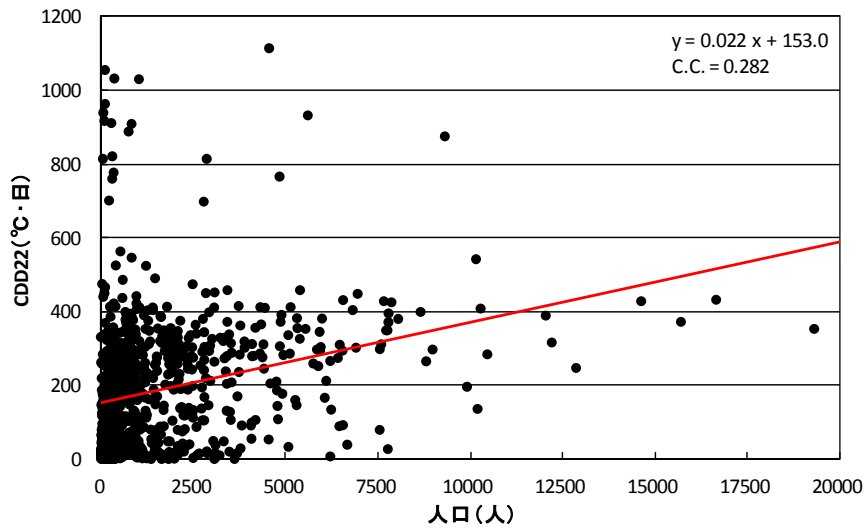


図 3. 4. 2 (m) 人口と CDD22 の相関図

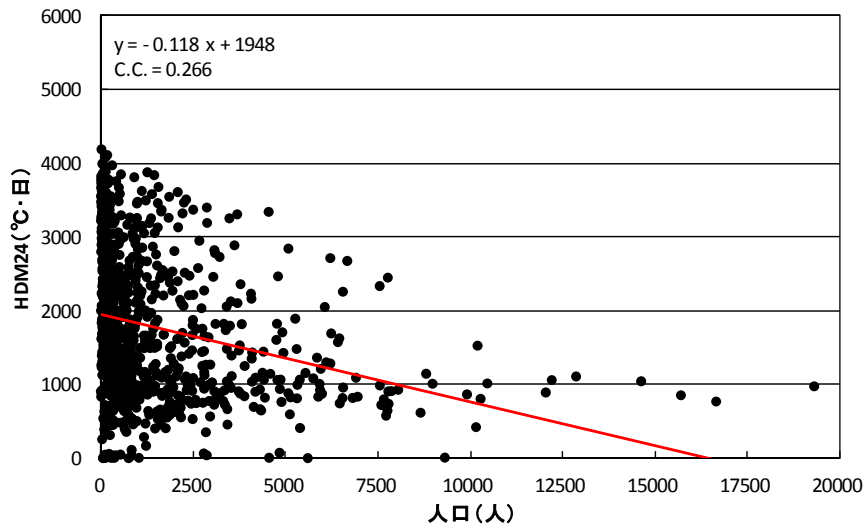


図 3. 4. 2 (n) 人口と HDM24 の相関図

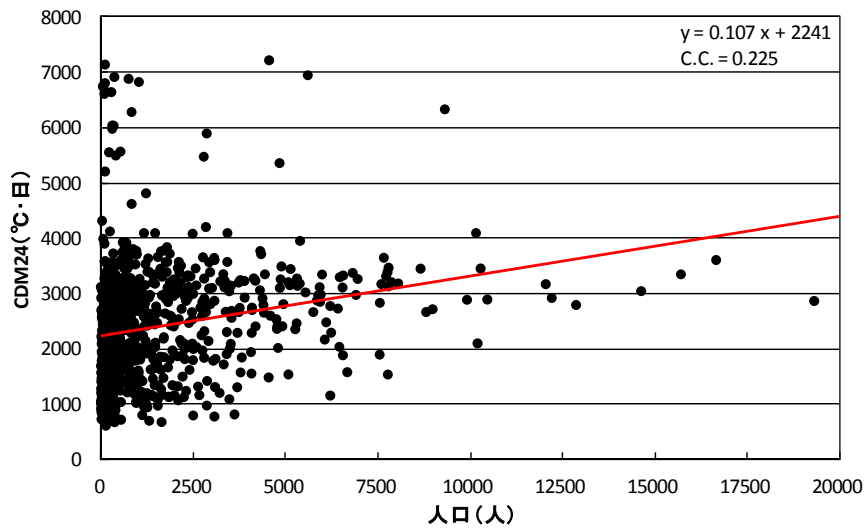


図 3. 4. 2 (o) 人口と CDM24 の相関図



## (2) 距離加重平均選択法による考察

距離加重平均選択法により選択した人口を用いた拡張アメダス気象データにおける気温及びそれより算定される4気候指標との関係性について考察する。距離加重平均選択法は前述の通り、拡張アメダス気象データの地点から3kmあるいは5km以内の国勢調査地域メッシュ統計による3次メッシュの全地点の人口データを対象として、距離による加重平均を行い人口を算定する方法である。この選択法の利点は、拡張アメダス気象データとの地点間距離が3kmあるいは5km以上離れた地点を選択することがない点と2地点間距離の遠い近いによりその影響力を反映させることができる点である。

図3.4.2(p)に最近点選択法と同様に拡張アメダス気象データの地点の一つである東京について距離加重平均選択法での地点選択例を示す。赤い四角で表わした地点が東京管区気象台、黒い丸で表わした地点が国勢調査地域メッシュ統計による3次メッシュの地点であり、選択した地点は赤い丸で表わしている。距離加重平均選択法を用いた場合、東京では3km圏内に12箇所、5km圏内に71箇所の地点が存在し選択されていることを図から確認できる。また、図より3km、5kmの範囲が都市の状況を含んでいると判断できる。

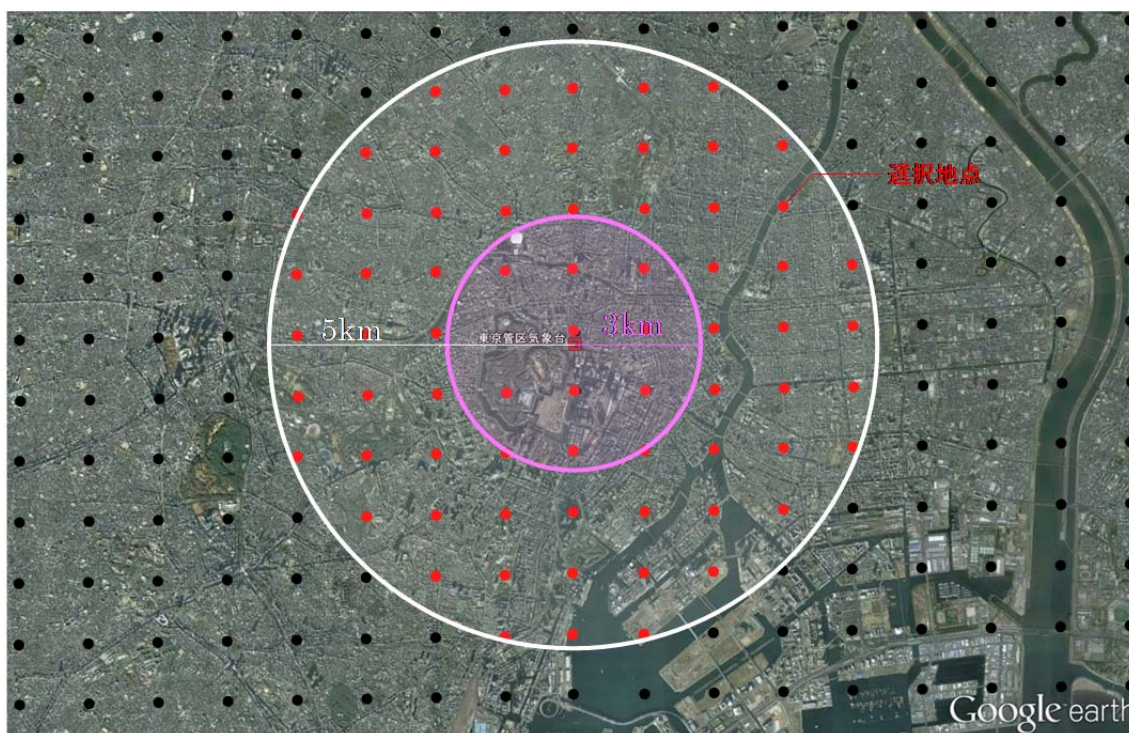


図3.4.2(p) 距離加重平均選択法による地点選択例（東京）

距離加重平均選択法において、拡張アメダス気象データの地点から 3km 以内のときを距離加重平均選択法(3km)、5km 以内のときを距離加重平均選択法(5km)とする。ここで、これら二つの距離加重平均選択法と最近点選択法によるそれぞれの人口を比較する。図 3.4.2(q)に最近点選択法と距離加重平均選択法(3km)、距離加重平均選択法(5km)による人口を比較して示す。図より、最近点選択法と比較すると距離加重平均選択法(3km)、距離加重平均選択法(5km)ともに人口が少なくなることが確認できた。さらに、距離加重平均選択法(3km)より距離加重平均選択法(5km)の人口が少ないことから、広範囲になるに従って人口が減少することも確認できた。しかし、人口の減少は確認できるものの最近点選択法、距離加重平均選択法(3km)、距離加重平均選択法(5km)それぞれの人口に大きな違いはみられない。これより、国勢調査地域メッシュ統計による 3 次メッシュの地点から必要な人口データを得る方法は、本研究で提案した方法すべてで同様の結果となることが推察される。

図 3.4.2(r)から図 3.4.2(v)にそれぞれ気温、HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 と距離加重平均選択法(3km)及び距離加重平均選択法(5km)により算定した人口の相関を示す。各図では、距離加重平均選択法(3km)及び距離加重平均選択法(5km)それぞれに対応したプロット、近似直線を同時に表す。図 3.4.2(q)で示した通り、最近点選択法による人口と距離加重平均選択法(3km)及び距離加重平均選択法(5km)により算定された人口に大きな違いがみられないため、人口が 1000 人以下の地点が多く存在し、相関図左にプロットが集中する共通した傾向にある。各気候指標ともに優位な相関関係を見ることはできない。しかし、HDD18、HDM24 に関しては右肩下がり、CDD22、CDM24 に関しては右肩上がりの近似直線の傾きが表されており、排熱や人口被覆等の都市化で見込まれる気温の上昇が僅かではあるが反映されていると思われる。気候状態に対する緯度や標高の関係性と比較すると小さいが、都市化についても僅かに影響していると考えられる。

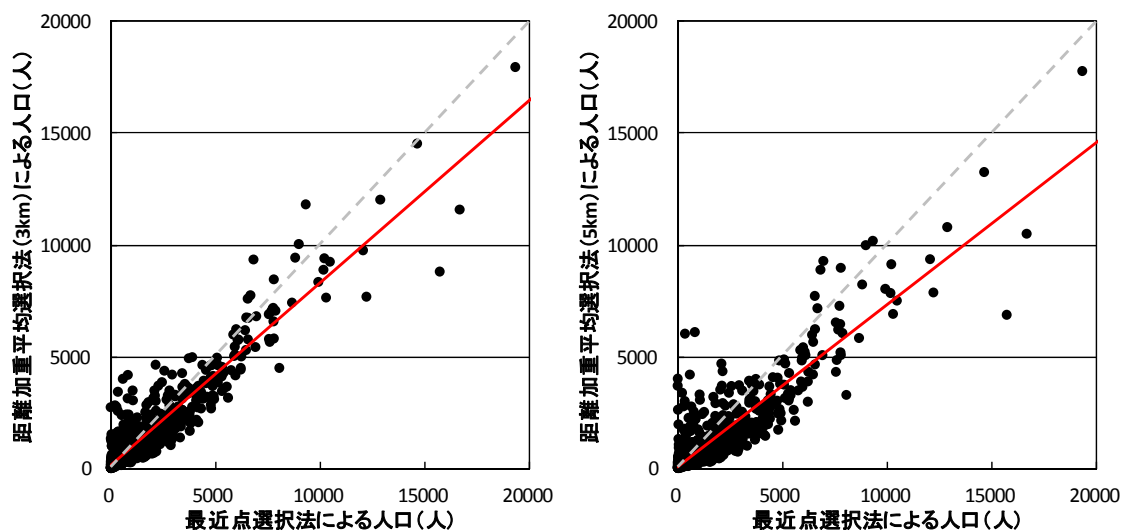


図 3.4.2(q) 最近点選択法と距離加重平均選択法(3, 5km)による人口比較

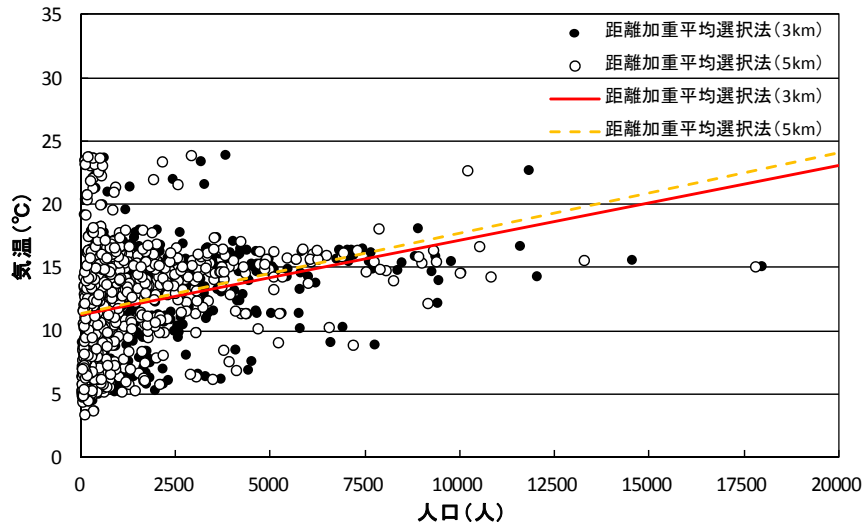


図 3.4.2(r) 人口と気温の相関図

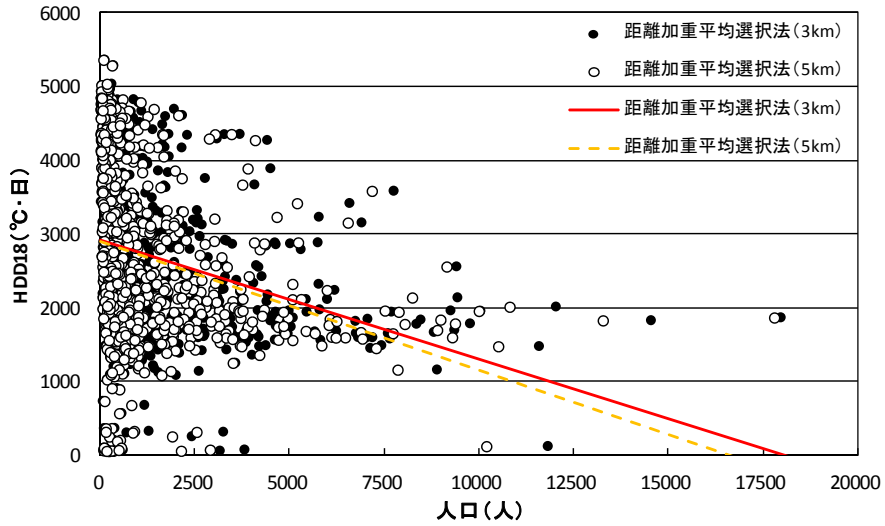


図 3.4.2(s) 人口と HDD18 の相関図

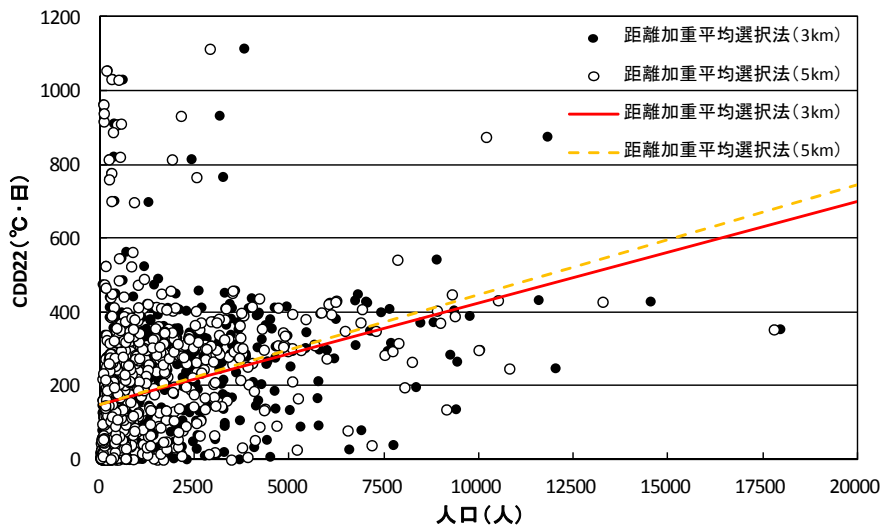


図 3.4.2(t) 人口と CDD22 の相関図

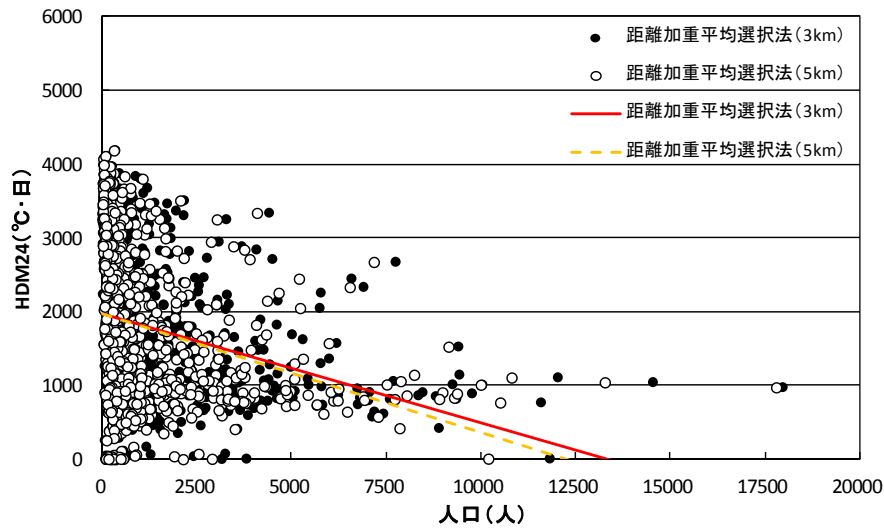


図 3.4.2(u) 人口と HDM24 の相関図

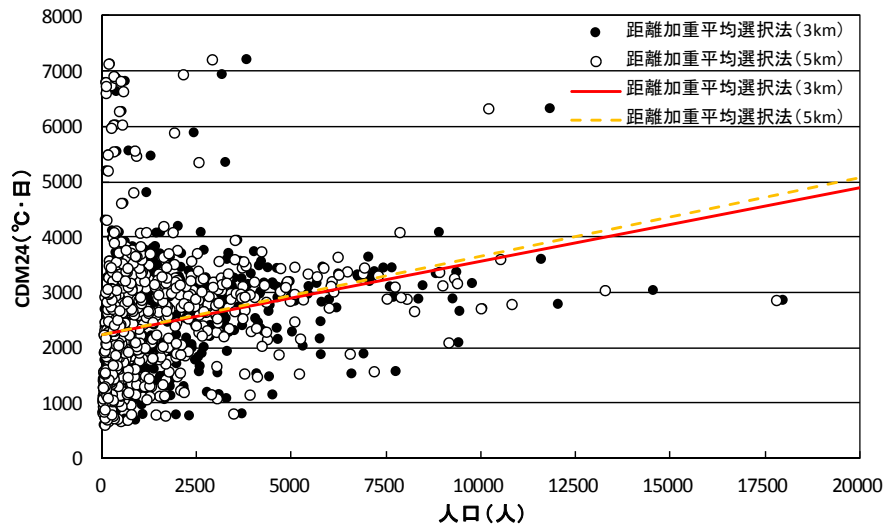


図 3.4.2(v) 人口と CDM24 の相関図

### 3-4-3. メッシュ気候値 2000 による地形等の影響判断

最後に、日本全国における気候分布において影響を及ぼすと思われる地形的要因について考察する。地形的要因として、さまざまな地形の状態が気候状態に影響することが考えられる。例えば、周辺を山に囲まれた盆地と周辺が開けた平野では気候状態が異なることが明らかである。このように周辺の地形の他にも対象地点の傾斜角度や海岸線からの距離等さまざまな要因が気候状態に関係し、日本全国における気候分布に影響すると推察される。そこで、これら地形的要因が気候分布に及ぼす影響についてメッシュ気候値 2000[5]を用いて検証する。

メッシュ気候値は、国土に関するデジタルデータを整備する国土情報整備事業の一環として、気象庁により作成された気象データである。利用価値を高めるため、観測データの蓄積に伴い更新される。その中で、1971 年から 2000 年までの 30 年間の観測データを平均

した平年値を用いて、メッシュで区切られたそれぞれの地点毎に各気象要素を推定したものがメッシュ気候値 2000 である。メッシュ気候値 2000 において収録される気象要素は、日平均気温、日最高気温、日最低気温、全天日射量、降水量、日照時間、最深積雪の 7 要素で、各気象要素が月別に収録されている。ここで、メッシュ気候値の特徴を 2 点挙げる。1 点目は上記した気象要素の推定において、標高及び土地の起伏や土地の傾斜、周辺の開放度合、海岸線からの距離等の地形要因や土地の人工被覆率による都市化の要因をパラメータとした重回帰式が用いられることが挙げられ、これら要因の影響を考慮した気象データとなっている。よって、本研究では地形的要因による日本全国における気候分布への影響を検証するにあたり、メッシュ気候値 2000 を選択した。また、もう 1 点の特徴として極めて高い空間密度が挙げられる。メッシュ気候値 2000 は日本全国を対象領域とし、標準地域メッシュの 3 次メッシュに対応している。前節に示した図 3.4.2(a)から図 3.4.2(c)からもみてとれるように、日本全国をより細かなメッシュで区切っており、細分化した各地域の気候状態がうかがえるという点でメッシュ気候値 2000 は優れている。

ここで、メッシュ気候値 2000 を用いた検証の前段階として、これまでの考察において用いた拡張アメダス気象データとの差異を確認しておく。表 3.4.3 にそれぞれの気象データの特徴を比較して示す。1995 年版標準年気象データと平年値では、編集過程及び対象となる期間が異なる。そのため、両気象データを直接比較することは適切でなく、両気象データを比較する際は参考程度に留めなければならない。さらに、メッシュ気候値 2000 において収録される気象要素に絶対湿度がないことを考慮し、M 値により算定する必要がある HDM24 及び CDM24 の検証は避ける。なお、両気象データを比較する際もう 1 点留意しなければならない事項がある。それは、気象データの種類である。拡張アメダス気象データが時別値で収録してあるのに対し、メッシュ気候値 2000 は月別値で気象データを収録している。これにより、拡張アメダス気象データについては第 2 章で示す式 2.3.1(a)、式 2.3.1(b)を用いて HDD18、CDD22 を算定するが、メッシュ気候値 2000 については式 3.4.3(a)、式 3.4.3(b)を用いて HDD18、CDD22 を算定する。このように HDD18、CDD22 の算定式は両気象データにより異なる。よって、拡張アメダス気象データあるいはメッシュ気候値 2000 のどちらの気象データにより算定されたものかについては留意しなければならない。しかし、HDD18、CDD22 の値の意味は同じと考えられるため、同じ HDD18、CDD22 の記号で表す。

表 3.4.3 拡張アメダス気象データとメッシュ気候値 2000 の比較

気象データ名	拡張アメダス気象データ	メッシュ気候値2000
対象年	1995年版標準年気象データ 1981～1995年	平年値 1971～2000年
気象要素	気温・絶対湿度・全天日射量・大気放射量・風向 風速・降水量・日照時間	日平均気温・日最高気温・日最低気温・全天日射量 降水量・日照時間・最深積雪
データ種別	時別値	月別値
対象地点	842地点	標準地域メッシュの3次メッシュ

$$\text{HDD18} = \sum_{i=1}^{12} \{ \text{ND}_i (18 - \theta_{\text{oave}(i)}) \} \quad (3.4.3(a))$$

$$\text{CDD22} = \sum_{i=1}^{12} \{ \text{ND}_i (\theta_{\text{oave}(i)} - 22) \} \quad (3.4.3(b))$$

但し、式 3.4.3(a)では $\theta_{\text{oave}(i)}$ が 18°C以上のとき、式 3.4.3(b)では $\theta_{\text{oave}(i)}$ が 22 以下のとき積算しない。式中の記号は以下に示す通りである。

[記号]

HDD18 : 暖房度日 [°C・日]

CDD22 : 冷房度日 [°C・日]

$\theta_{\text{oave}(i)}$  : i 月の日平均気温 [°C]

ND : i 月の日数 [日]

i : 月 (1 月から 12 月)

拡張アメダス気象データ及びメッシュ気候値 2000 に収録された気温から算定される HDD18、CDD22 の算定方法の違いによる比較を行う。拡張アメダス気象データでは特別値で気温が収録されているため、日別に暖房・冷房設計室温との差を算定して積算する。一方、メッシュ気候値 2000 では月別値で日平均気温が収録されているため、月別でこの日平均気温と暖房・冷房設計室温の差に月の日数を掛けた値を算定して積算する。図 3.4.3(a) から図 3.4.3(c)に札幌、東京、那覇の 3 都市における拡張アメダス気象データを用いた算定方法別の HDD18 及び CDD22 の比較を示す。

3 都市すべてに HDD18、CDD22 の算定方法の違いによる大きな差はあまりみられない。しかし、日別の日平均気温により算定した HDD18、CDD22 を基準とした場合、その差の割合は HDD18 が那覇で、CDD22 が札幌で 50% を超える大きな割合となっている。これは、那覇、札幌でそれぞれ算定される HDD18、CDD22 の値が小さいためである。また、差は小さいものの月別の日平均気温により算定した値が小さく算定されるという特徴が確認できた。これは、月別の日平均気温が中間期等に暖房・冷房設計室温を下回るあるいは上回るという条件を満たさないために積算されないことが要因となっている。このように、算定方法別に算定される HDD18、CDD22 の僅かな違いとその特徴を確認できた。

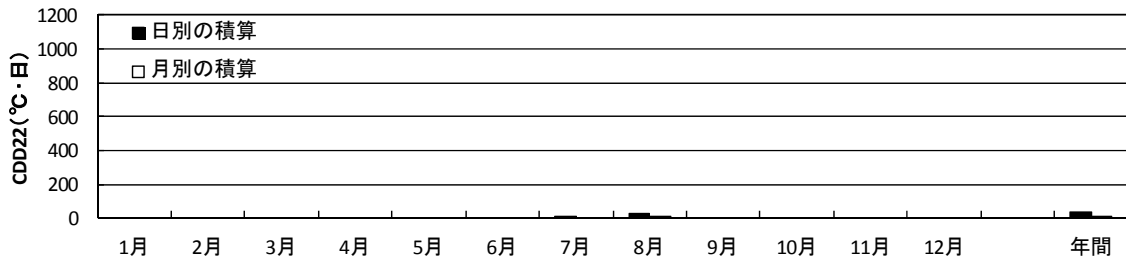
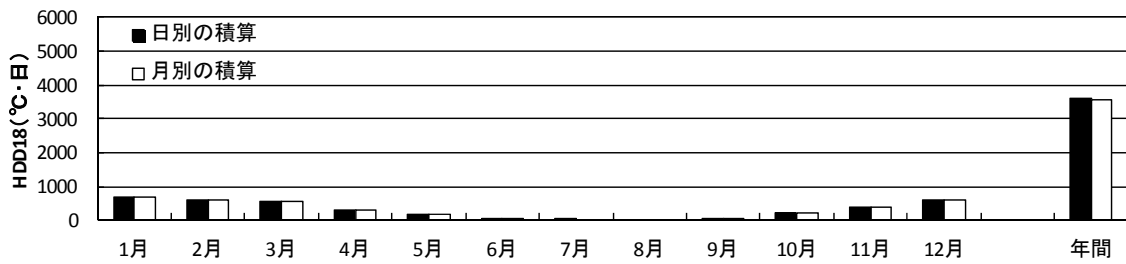


図 3.4.3 (a) HDD18・CDD22 算定方法の違いによる比較 (札幌)

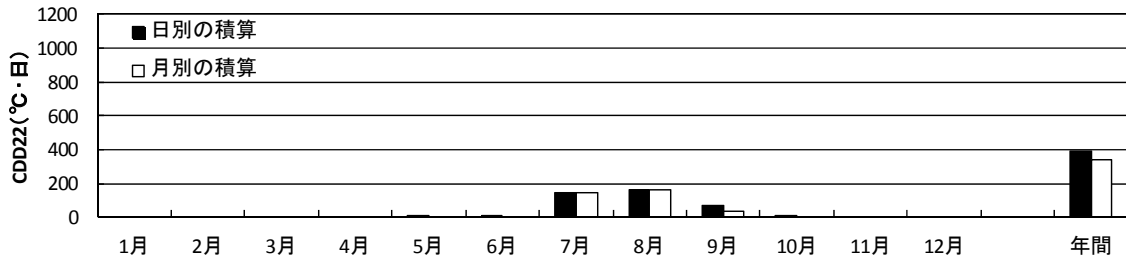
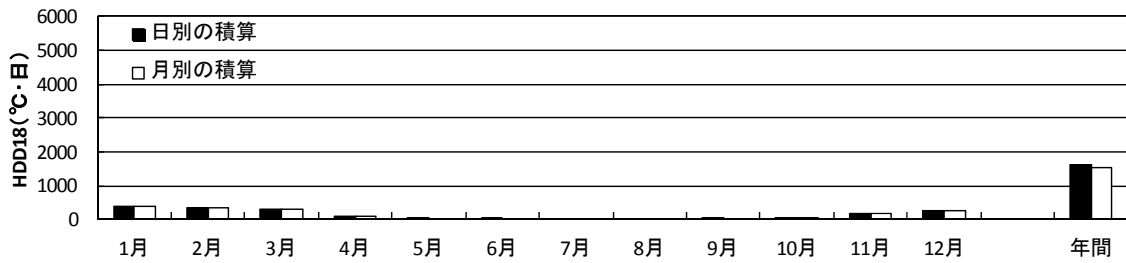


図 3.4.3 (b) HDD18・CDD22 算定方法の違いによる比較 (東京)

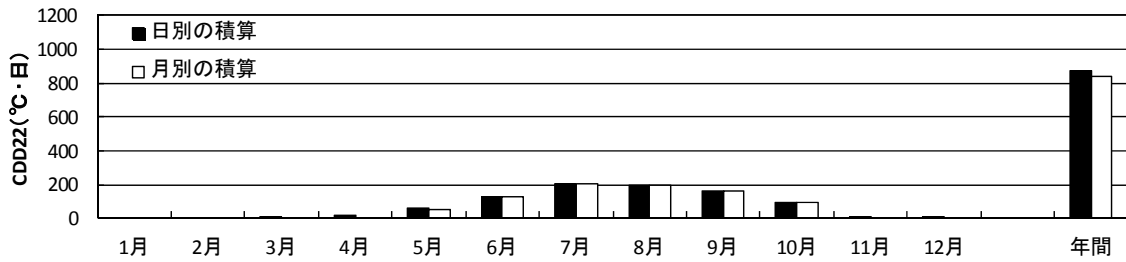
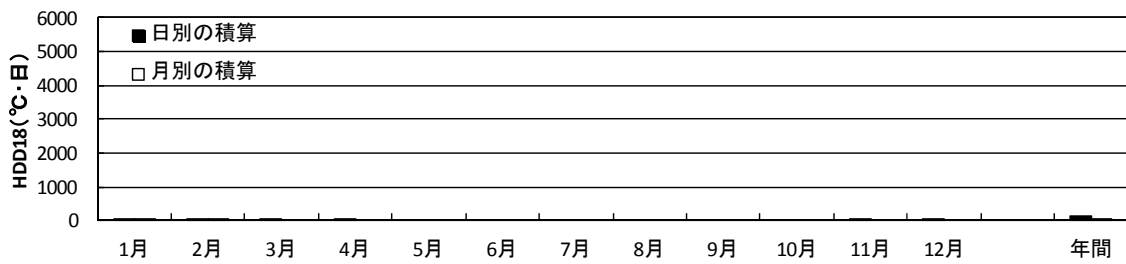


図 3.4.3 (c) HDD18・CDD22 算定方法の違いによる比較 (那覇)

メッシュ気候値 2000 による気温を用いて算定した HDD18、CDD22 とメッシュ気候値 2000 による標高と拡張アメダス気象データによる気温を用いて算定した HDD18、CDD22 を比較する。図 3.4.3(d)にメッシュ気候値 2000 に収録された東京周辺(緯度が 34.5° から 36.5° の範囲)の標高を示し、図 3.4.3(e)に 50m 毎に各標高範囲に存在する 3 次メッシュの地点の分布を示す。これら図で示す標高は、約 1km 四方の 3 次メッシュ毎の面平均標高とする。図 3.4.3(d)より平野部と山間部を含んだ範囲であることが確認できる。また、図 3.4.3(e)からはさまざまな標高が広範囲に渡って存在していることが分かる。図 3.4.3(f)にメッシュ気候値 2000 収録の気温を用いた HDD18 の分布、図 3.4.3(g)に 1995 年版標準年気象データを用いて、以下①から④に示す方法で算定した HDD18 の分布を表す。

<1995 年版標準気象データから HDD18 を算定する方法>

- ①.範囲内の拡張アメダス気象データ地点における海拔 0m の日平均気温を算定する。
- ②.①の平均値を求める。
- ③.②をメッシュ気候値 2000 収録の標高で高度補正し、各メッシュの日平均気温を求める。
- ④.③を用いて各メッシュの HDD18 を求める。

さらに、図 3.4.3(h)、図 3.4.3(i)にはそれぞれ HDD18 の値を 500°C・日刻みで区切って示している。前述したようにメッシュ気候値 2000 は平年値(1971-2000 年)を対象としていることから値そのものを比較することはできないので、それぞれの分布からその傾向の比較を行う。これらの図より、メッシュ気候値 2000 では全体的に HDD18 の変化が緩やかとなっている様子がうかがえる。しかし、この傾向には算定に用いられる気温の値が月平均値である影響が含まれる。そこで、図 3.4.3(j)に 1995 年版標準年気象データによる気温を日平均値から月平均値に変更し、HDD18 を算定した場合の分布を表す。図より、1995 年版標準年気象データによる気温を月平均気温とすることで、メッシュ気候値 2000 による月平均気温を用いた HDD18 の分布状態に近づいた。よって、図 3.4.3(a)から図 3.4.3(c)よりうかがえる算定方法の違いが、図 3.4.3(f)、図 3.4.3(g)では表されていると推察される。用いる気象データによる差異が改めて確認できた。

次に、緯度や標高以外の要因が気候状態とどのような関係にあるのかを検証する。メッシュ気候値 2000 に収録される標高及び気温と式 3.2(e)を用いて HDD18<sub>0m</sub> を算定し、図 3.4.3(k)に示す。なお、これまでに示した図 3.4.3(f)、図 3.4.3(g)、図 3.4.3(j)と図 3.4.3(k)のカラースケールを揃え、それぞれの図右下に図中の最小値及び最大値を示す。図 3.4.3(k)からは、高度補正により標高の影響が取り除かれ、全体的にはほぼ均一な分布状態がうかがえる。但し、2000m を超えるような山岳地帯では高度補正の効果が過大となったため、周辺より HDD18<sub>0m</sub> が小さい値となった。しかし、2000m を超えるような山岳地帯では建築物を対象とした地域区分に大きく関わることがないと思われるので、この過大な高度補正の効果は本論では問題ないと判断する。



標高による影響の他に緯度の影響も考えられるため、緯度とメッシュ気候値 2000 に収録される標高及び気温により算定した HDD180m の相関関係を図 3.4.3(l) に示し確認する。図より、相関関係がみられない。よって、この図からは緯度による影響を示すことができないと言える。このような結果となった要因の一つとして、先に述べた標高の高い地域で算定された HDD180m の影響が挙げられる。図 3.4.1(e) に示した緯度と拡張アメダス気象データの 1995 年版標準年気象データより算定した HDD180m の相関において、緯度が  $34.5^{\circ}$  から  $36.5^{\circ}$  の範囲でみられなかった  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  以下のプロットが存在することからこれを確かめることができる。下のプロットに引っ張られ、図 3.4.1(e) と比較して図 3.4.3(l) では近似直線の傾きも緩くなっている。そこで、緯度による HDD180m への影響については図 3.4.1(e) を参照し、緯度が  $34.5^{\circ}$  から  $36.5^{\circ}$  の範囲で HDD180m が約  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  変化することを本節の分析についても考慮する。図 3.4.3(k) では、標高 2000m を超えるような山岳地帯を除くと HDD180m が  $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  から  $700^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  程度の変化となっており、 $34.5^{\circ}$  から  $36.5^{\circ}$  の緯度範囲での変化量と比較すると僅かに大きい。誤差等も予測されるが、この差が緯度や標高以外での気候状態への影響と考えられる。この結果から総合的に判断し、緯度及び標高以外の要因による気候状態への影響は確認できたものの、緯度及び標高との関係性からみると僅かであると言える。なお、本論では割愛するが CDD22 についても同様の検証を行い、HDD18 と同様の結果が得られた。

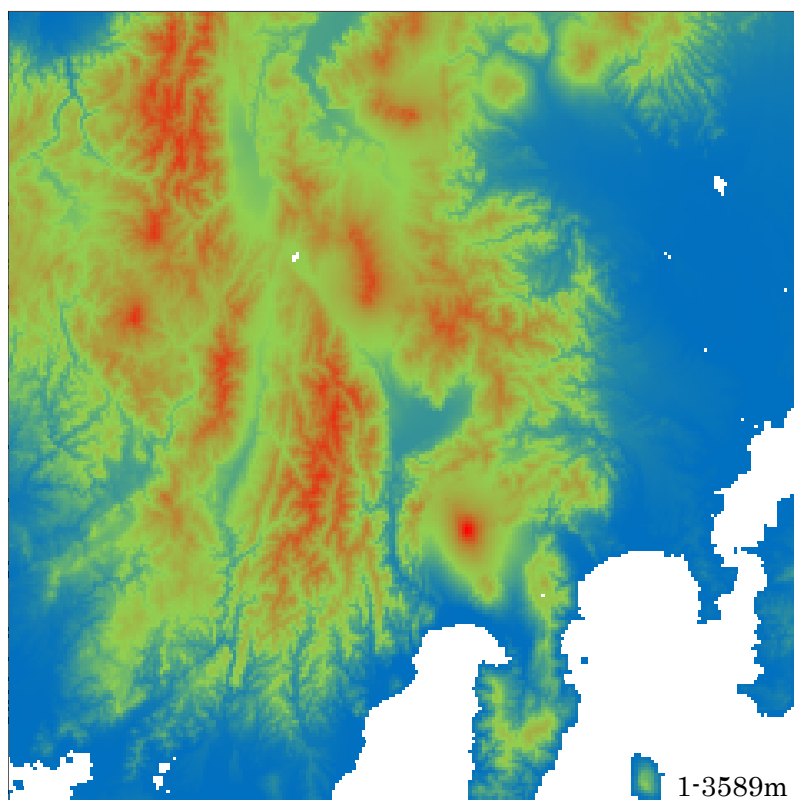


図 3.4.3(d) メッシュ気候値 2000 による標高 (東京周辺 240km×240km)

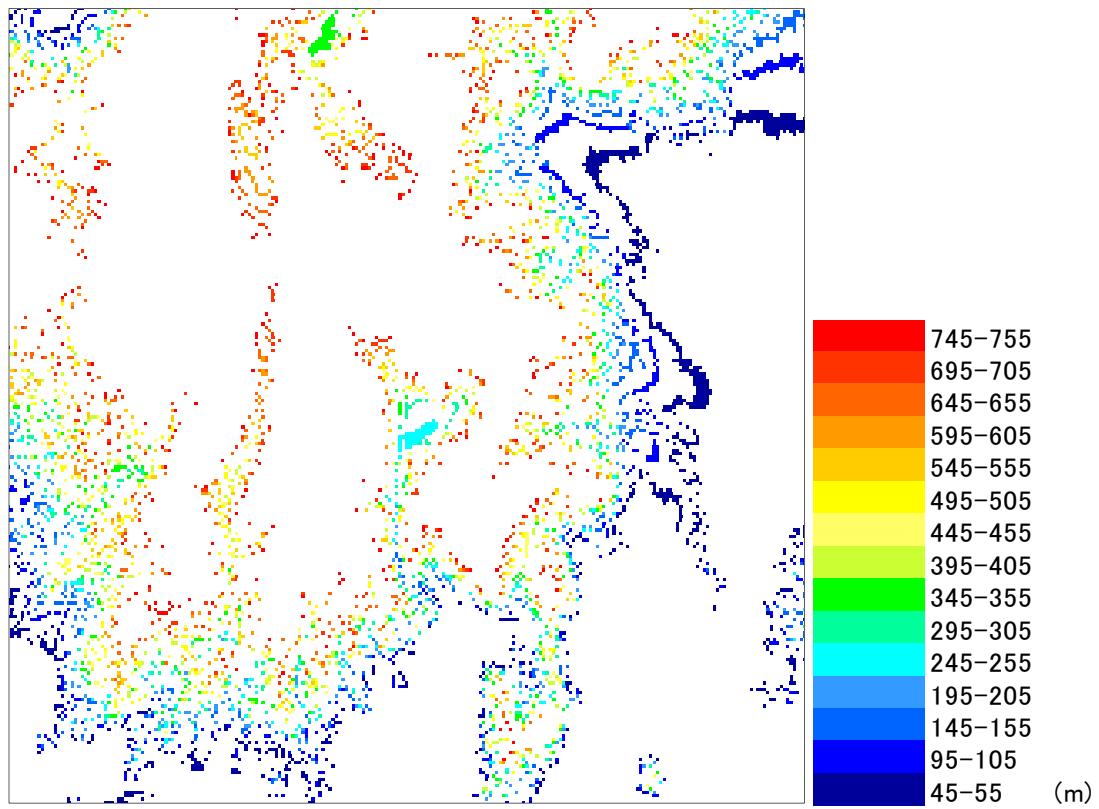


図 3. 4. 3 (e) メッシュ気候値 2000 による標高 (50-750m 50m 間隔)

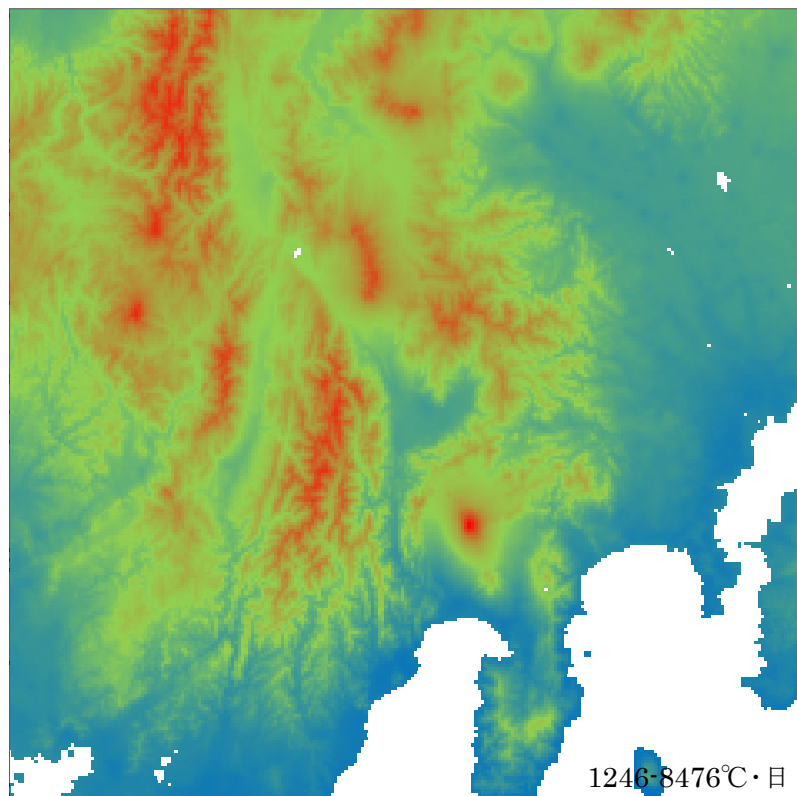


図 3. 4. 3 (f) メッシュ気候値 2000 による HDD18

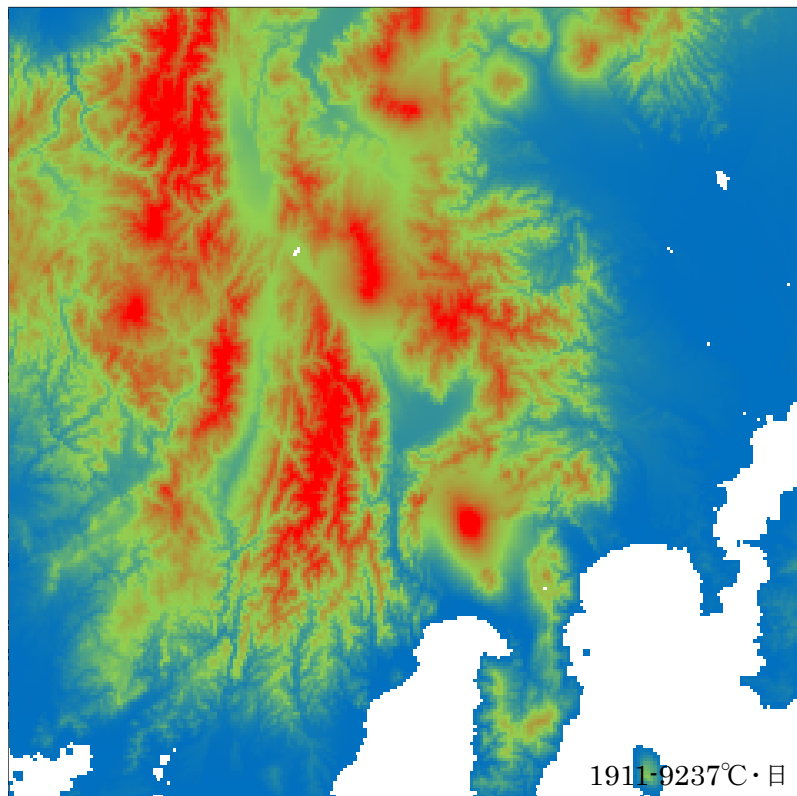


図 3.4.3 (g) 1995 年版標準年気象データ気温とメッシュ気候値 2000 標高による HDD18

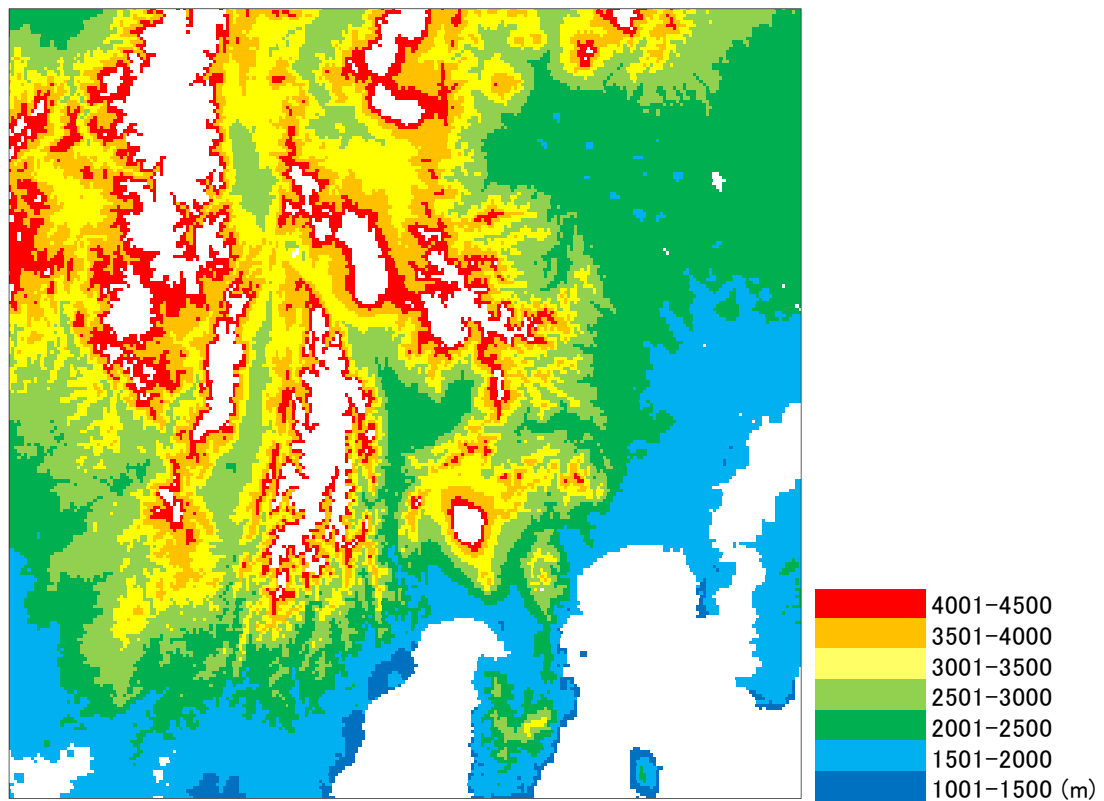


図 3.4.3 (h) メッシュ気候値 2000 による HDD18 (500°C・日間隔)

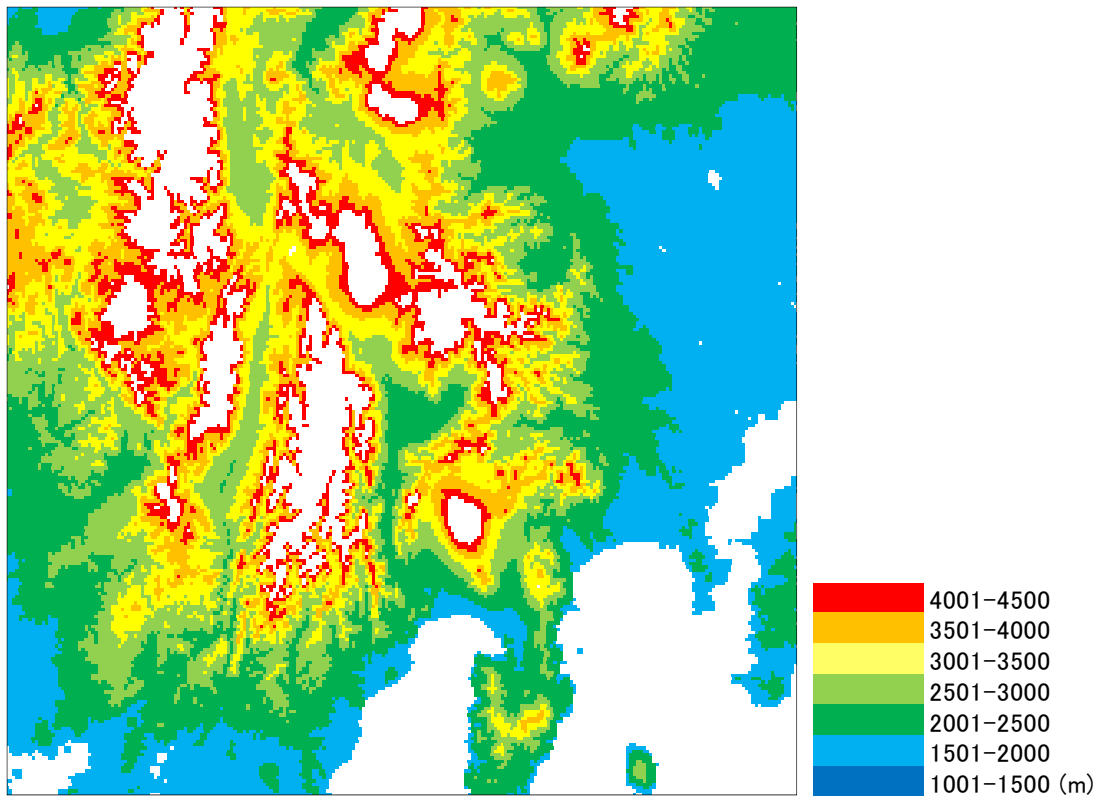


図3.4.3(i) 1995年版標準年気象データ気温とメッシュ気候値2000標高によるHDD18(500°C・日間隔)

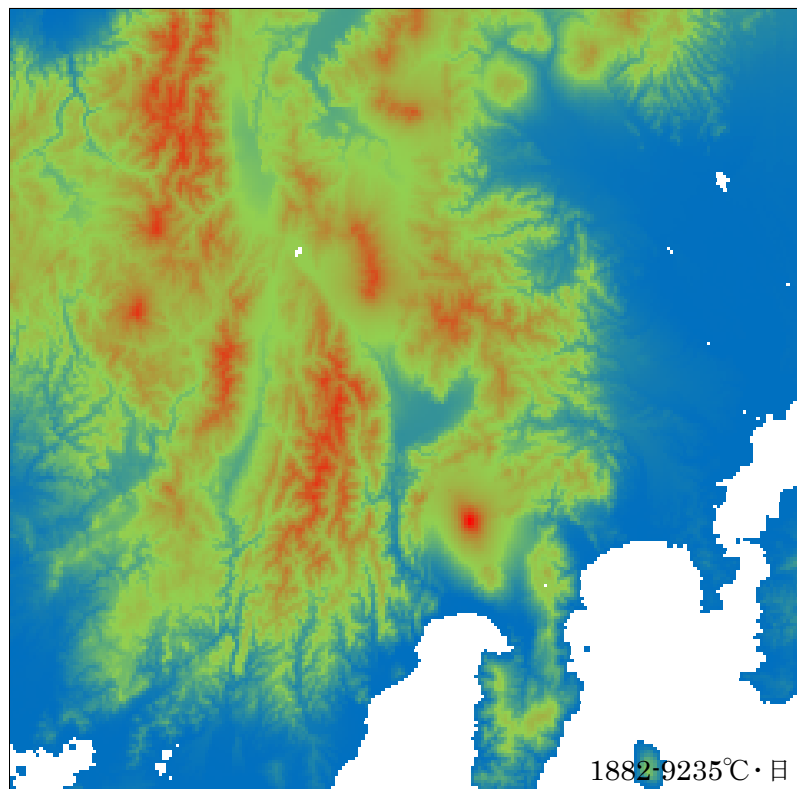


図3.4.3(j) 1995年版標準年気象データ月平均気温とメッシュ気候値2000標高によるHDD18

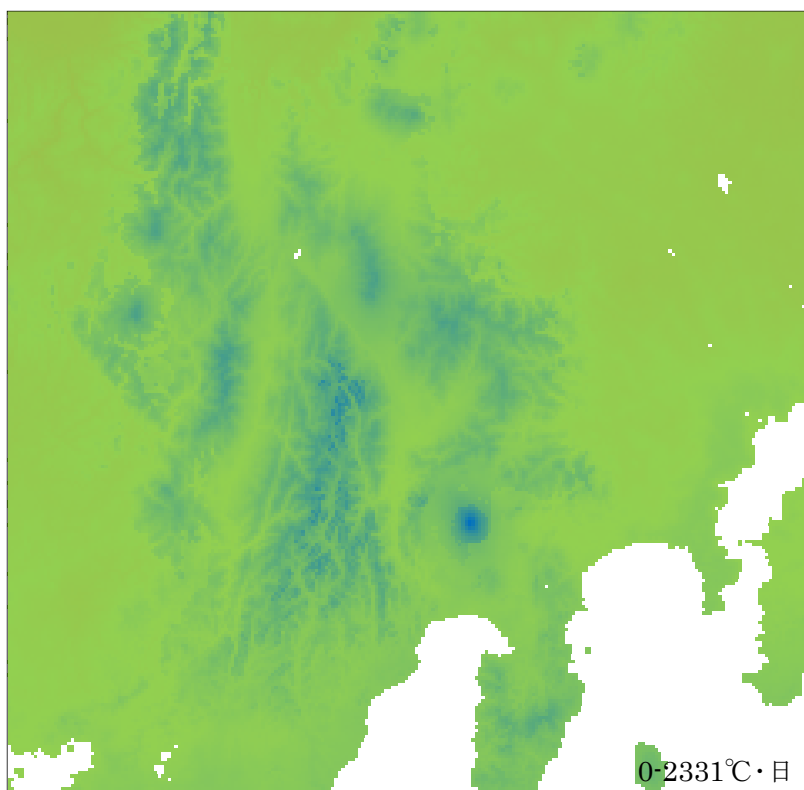


図 3. 4. 3 (k) メッシュ気候値 2000 標高と気温による HDD180m

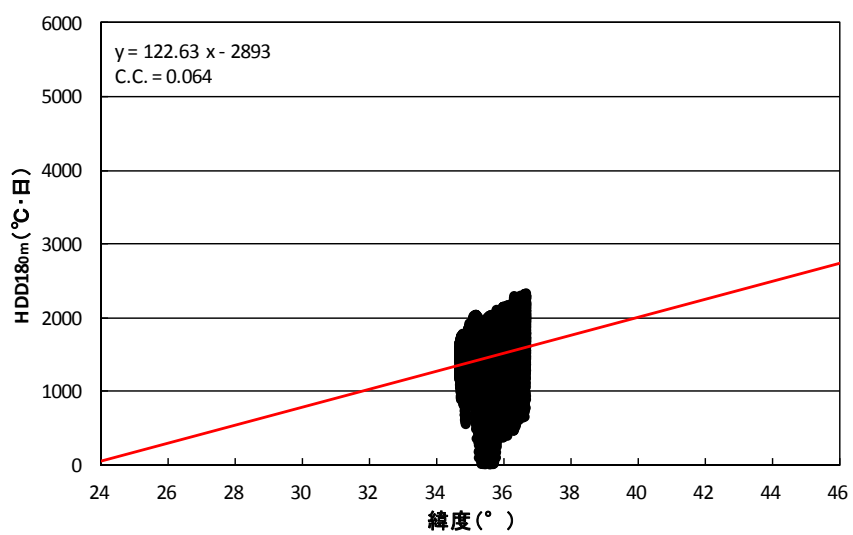


図 3. 4. 3 (l) 緯度とメッシュ気候値 2000 標高と気温による HDD180m

### 3-5. 第3章のまとめ

本章では、HDD18、CDD22、HDM24、CDM24の4気候指標による日本全国の分布を作成し、日本における気候状態と暖房負荷、冷房負荷の関係性について考察した。暖房負荷とHDD18、HDM24の分布の比較及び冷房負荷とCDD22、CDM24の分布の比較からも暖冷房負荷と気候指標に大きな類似性を確認することができた。また、これら気候指標による日本全国の分布では以下に示す二つの特徴がみられた。

#### (1)緯度との関係性

一つ目の特徴は、高緯度地域になるに従いHDD18、HDM24が増加し、反対にCDD22、CDM24が減少する傾向である。これより各気候指標に緯度との関係性が示された。緯度との関係性については、高度補正により算定された海拔0mの気温から求められるHDD18<sub>0m</sub>の分布によりさらに明確な傾向がみとれた。また、緯度と関係した変化の他、HDM24<sub>0m</sub>、CDM24<sub>0m</sub>の分布では太平洋側の値に周辺との比較で増減が確認できた。これは、HDM24、CDM24の算定の際に用いるM値において日射量の影響が加味されているためと推察され、太平洋側の日射量が他地域と比較して大きいという特徴と一致している。

#### (2)標高との関係性

二つ目の特徴は、日本全国において山間部等で島状の分布が形成されることである。これは、標高が高い地域の気温が周辺地域と比較して低いためにHDD18、HDM24が増加し、反対にCDD22、CDM24が減少したと推察される。標高に起因した特徴であることは、海拔0mにおけるそれぞれの気候指標の分布からも確認できた。HDD18<sub>0m</sub>等の海拔0mにおける各気候指標の分布では、各地点標高により作成した分布でみられる島状に形成された分布の特徴が現れない。よって、海拔0mへの高度補正、つまり標高による影響を取り除くことで消失した島状の分布形成が標高による影響であったと判断できる。標高の影響を取り除くことができた海拔0mにおける各気候指標による分布では、緯度に関連する緩やかな変化が表された。

これら特徴により気候状態と緯度及び標高との関係性が大きいことが分かった。次に緯度、標高以外に気候状態へ影響を及ぼすものとして、都市化や地形的要因等が考えられる。本章では、これら要因による気候状態への影響についても考察した。都市化の影響を検証するため、平成7年国勢調査地域メッシュ統計による人口を、地形的要因等を検証するためメッシュ気候値2000を用いた。都市化や地形的要因等を検証した結果、気候状態への影響と思われる状態を確認できた。しかし、それぞれの要因が気候状態へ与える影響の程度を断定できるほど明確に示すことはできない。さらに、これら要因による影響が含まれていても気候状態と緯度及び標高の関係性と比較すると僅かであることが推察される。よって、本論では気候状態と関係性が大きい要因は緯度、標高によるものと判断する。

### 3-6. 第3章の参考文献

- [1]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説,2002
- [2]曾我和弘,赤坂裕,二宮秀與：ヒートアイランドが建物の空調熱負荷の経年変化に与える影響－東京圏におけるケーススタディー,日本建築学会大会学術講演会梗概集,D-2,pp.255-256,1995
- [3]二宮秀與,曾我和弘,赤坂裕：都市化が建物熱負荷に及ぼす影響に関する基礎的な考察－短期的な気温の変化と熱負荷の関係－,日本建築学会大会学術講演会梗概集,D-2,pp.691-692,2002
- [4]総務省統計局：平成7年国勢調査地域メッシュ統計, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/1995/04-01.htm>(2012年5月10日参照)
- [5]気象庁：メッシュ気候値2000解説,2002
- [6]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準 ガイドブック,2009
- [7]財団法人建築環境・省エネルギー機構：SMASH for Windows Ver.2 住宅用熱負荷計算プログラム ユーザーマニュアル,2000
- [8]赤坂裕,荒井良延,井川憲男,石野久彌,永村悦子,永村一雄,郡公子,曾我和弘,西岡真稔,二宮秀與,松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000,日本建築学会,株式会社鹿児島TLO,pp.1-223,2005
- [9]建設省：建設省総合技術開発プロジェクト,省エネルギー住宅システムの開発報告書,1982
- [10]松尾陽,村上周三,宮田紀元,鎌田元康,坂本雄三：建築と気象,朝倉書店,pp.60-66,1986
- [11]小倉義光：一般気象学,東京大学出版会,pp.21-25,1999
- [12]B.R.Bowring：TOTAL INVERSE SOLUTIONS FOR THE GEODESIC AND GREAT ELLIPTIC,Survey Review 33 261,pp.461-476,1996
- [13]Google Earth,<http://earth.google.co.jp> (2012年12月20日参照)
-





## 第 4 章 標高を考慮した地域区分法

---



---

## 第4章 標高を考慮した地域区分法

本章では、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分[1]における実状を踏まえて課題を整理し、課題点として挙げられる事項についての解決策を検討する。この解決策として本論では、日本全国における気候状態に適応した新たな地域区分法の提案を行う。

前章で述べた通り、日本全国における気候状態には緯度及び標高の影響がみられる。特に標高による影響は顕著であり、標高の影響は地域区分において考慮しなければならない。標高を考慮する方法としては、前章で得られた知見に基づき高度補正の有効性に着目する。本章で提案する地域区分法は、地域区分を行う際の対象地点について高度補正による海拔0mにおける仮想的な気候状態を再現することで、一度標高の影響を取り除いた主に緯度のみによる気候状態との関係性をもって地域を分類し、その後対象地点による標高を用いて気候状態への標高の影響を加味することで対象地点の地域区分を行う。これより、本章で提案する新たな地域区分法では、海拔0mの気候分布と日本全国による標高を整備することができれば任意地点において標高を考慮した地域区分ができることになる。また、既往の研究[2],[3]により緯度及び標高による重回帰分析による気候区分法が示されており、この方法を利用した地域区分への応用についても検討する。

なお、上記した新たな地域区分法を提案するにあたって、気候状態の定量的な表現方法が必要となる。日本全国における気候状態の表現方法としては、前章までに述べた HDD18、CDD22、HDM24、CDM24 が挙げられ、それぞれ暖房負荷及び冷房負荷との高い相関関係を示す気候指標であることが分かっている。これら気候指標のうち本章では HDD18 を用いることとする。HDD18 を用いる理由を2点挙げる。まず1点目として、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分で利用される気候指標が HDD18 であることが挙げられる。現在 HDD18 が利用されることから地域区分における HDD18 の信頼性の高さがうかがえる。その上同じ HDD18 を用いて地域区分することで、新たな地域区分法との比較等が容易になると考えられる。

もう1点は、HDD18 と HDM24 の類似性である。これら気候指標は、僅かな違いはあるものの大きな差が確認されなかった。それ故、暖房負荷との相関関係は HDD18、HDM24 とともに極めて高く、相関係数において差がみられていない。よって、HDD18 と同等の HDM24 による考察を省くこととする。このように、本章においては住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分を参照する形で暖房負荷のみを対象とし、さらに HDM24 での地域区分を省き HDD18 による地域区分の検討を行う。

ただし、近年の住宅における冷房需要の拡大に伴う冷房負荷の増加は顕著であり、今後ますますの増加が見込まれる現状では、本章で対象としなかった冷房負荷と関係性のある気候指標を用いた地域区分の必要性は当然考えられる。そこで、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分において考慮されない冷房負荷を対象とした気候指標 CDD22 を利用した地域区分法に関する考察を次章で論ずることとする。

本章では、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分と同様の暖房負荷のみ

---

を対象に新たな地域区分法の提案を行うこととなるが、これら地域区分の違いを最後に比較考察する。比較考察から新たな地域区分法の妥当性を検証する。

#### 4-1. 現行の地域区分法と課題の整理

前述の通り住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分は、HDD18 が利用される。HDD18 に一定の範囲を設けて区切ることによって地域を区分する。この HDD18 を区切る一定の範囲については、住宅における暖冷房負荷を考慮するとともに切りの良い数値とし、表 1.1.3 に示す 6 地域に区分される。なお、このとき利用される HDD18 は、本論でこれまでに考察を行ってきた拡張アメダス気象データ[4]における 1995 年版標準年気象データにより算定されたものであるため、新たな地域区分法との比較検討等が容易に行えると判断できる。

ここでは住宅の省エネルギー基準において実際に行われる地域区分について述べる。上記したように、利用される気象データは拡張アメダス気象データにおける 1995 年版標準年気象データであり、日本全国を高密度で網羅する 842 地点での HDD18 が算定可能である。よって、これら算定された HDD18 から日本全国において各地域の詳細な気候状態が把握できる。HDD18 の日本全国での分布を表した図等から任意地点における HDD18 を推定し、その値に基づいて地域を区分することが理想的である。しかし、任意地点においてそれぞれに HDD18 を求めることは、地域区分の判断や審査を迅速に遂行する上で合理的ではないとされる。

そこで、都道府県の境界や市区町村の境界及び地域の気候状態を判断するための HDD18 を総合的に考慮して地域区分が行われる。都道府県の境界や市区町村の境界が考慮されることで地域の区分が簡明となる行政上の利点が得られる。また、地域による気候状態を極力反映させて区分するために区分の最小の地域単位として市区町村が利用される。つまり、市区町村に一つの HDD18 が定義され、その値により地域が区分されることとなる。このように最小の地域単位を市区町村レベルまで落とし込むことによって、前章で示す緯度による日本全国でみられる気候状態の変化や標高による近距離内の急激な気候状態の変化への対応を図っている。だがこのように地域単位の最小化を図っても標高の変化に伴う急激な気候状態の変化への対応が十分なものとは言えない現状があり、同一の市区町村内でも気候状態が異なる地域が散見される。

標高の影響により同一の市区町村内において異なる気候状態を含む場合を概念図で図 4.1(a)に表す。図において、A 市内には観測地点が存在し、A 市ではこれより算定される HDD18 が地域区分において強く影響する。なお、A 市は地域区分の際の境界地域にあり、隣に位置する B 町とは異なる区分であると仮定する。図上部に示すようにこれら地域において標高差がない場合、HDD18 の変化は緯度に関係した緩やかなもので、市区町村レベルでは A 市における気候状態の差は僅かであると考えられる。したがって、対象地点の地域区分は観測地点における HDD18 に頼っても問題ないと言える。しかし、図下部に示すよ

うにこれら地域において標高差が存在する場合、標高差に伴った急激な気候状態の変化がA市内で起こっていることが推察される。よって、対象地点による地域区分は、A市における標高が高い位置の気候状態下でのHDD18に従った区分ではなく、気候状態を同じくするB町の区分が適切と思われる。このように、標高差を理由として同一の市区町村内であっても気候状態の違いは起こり得るため、何らかの方法により地域区分する際に標高を考慮する必要がある。

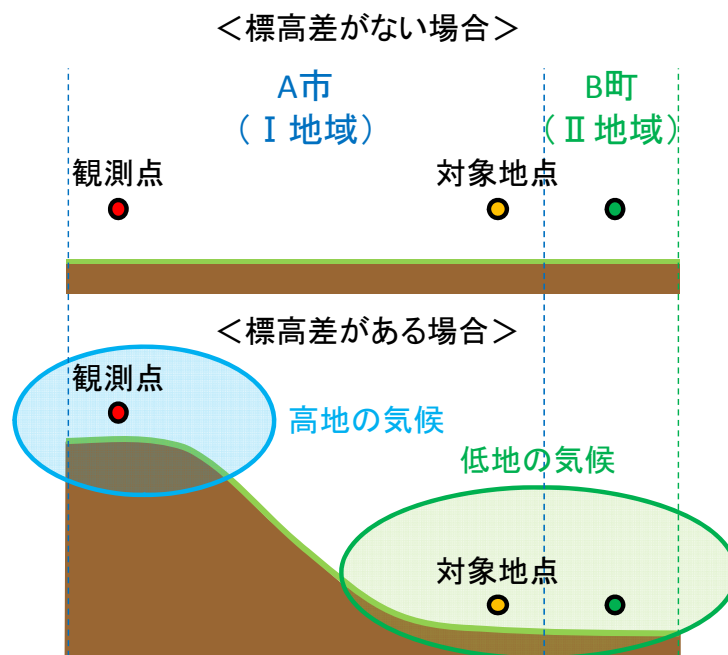


図 4.1(a) 標高差による気候差の概念図

次に、表 1.1.3 に示した HDD18 の区分範囲に従って、拡張アメダス気象データにより算定された HDD18 を区分した際の各区分の地点数と現行の地域区分で定められた区分に従った際の地点数を比較して表 4.1 に示す。表では、区分数を細分化することでより詳細に地域が区分された住宅事業建築主の判断基準[5]における地域区分で公示される区分を示す。

両者の区分では I<sub>b</sub> 地域に多くのズレがみられ、その他の地域でも複数の地点でズレが確認できる。図 4.1(b) に示す公示上温かい地域に区分される地点数と寒い地域に区分される地点数から、区分のズレは全体的に暖かい地域に区分される場合が多いことが分かる。また、区分のズレが最大となるものは、拡張アメダス気象データにより算定された HDD18 での区分が I<sub>a</sub> 地域であるのに対して、公示上は 3 地域温かい地域の III 地域に区分される地点である。この区分のズレを HDD18 で表すと最低でも 1500℃・日の乖離があることになるためこの差は小さくはない。このような地域区分におけるズレは、前述した市区町村に一つの区分のみ与えられることや行政的な都市の関連性に基づく区分が行われことが原因として考えられ、この点で現状の地域区分の方法には改善の余地がある。

表 4.1 拡張アメダス気象データ各地点のHDD18による区分と公示上の区分比較

拡張アメダス気象データにより算定したHDD18	地域	告示上温かい地域に区分されている地点数	告示上寒い地域に区分されている地点数	住宅事業建築主の判断基準における地域区分で公示される区分								
				I a	I b	II	III	IVa	IVb	V	VI	
	I a	3	0	71		1	2					
	I b	35	32	32	59	35						
	II	17	0		91	15	2					
	III	14	0			91	12	2				
	IVa	12	2			2	153	12				
	IVb	14	2				2	160	14			
	V	0	3					3	60			
	VI	0	5						5	18		

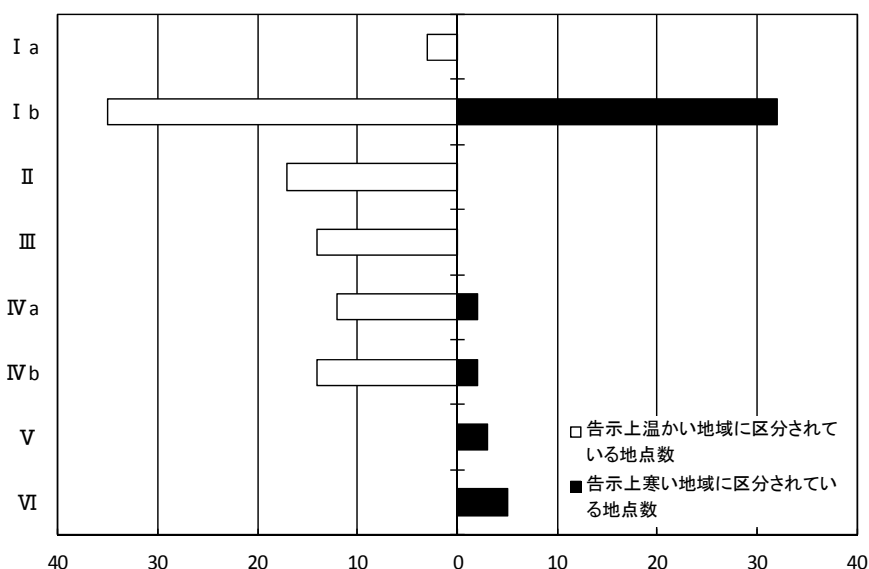


図 4.1 (b) 拡張アメダス気象データ各地点のHDD18による区分が公示上寒暖地域に区分される地点数

最後に、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分における問題点として、平成の大合併[6]による最小の地域単位とする市区町村の再編成が挙げられる。1999年以來、人口減少・少子高齢化等の社会経済情勢の変化や地方分権の担い手となる基礎自治体にふさわしい行財政基盤の確立を目的として、全国的に市町村の合併が積極的に推進されてきた。総務省調べで、1999年度 3232 だった市町村数が 2010 年度に 1730 となったことが記録されている。市町村の合併により広域的な街作りや行財政の効率化等が図られたが、一方で地域区分の観点からすると最小とする地域単位の拡大と捉えられる。最小の地域単位が拡大することで、同一の市区町村内における気候状態の違いが広がることが懸念される。また、住宅の省エネルギー基準や住宅事業建築主の判断基準における地域区分で公示される市区町村名との違いも生じている。これらの点からみても新たな地域区分の必要性が高まっていると言える。

## 4-2. 標高を考慮した地域区分法の概要

前節で挙げた問題点への対応を図る新たな地域区分法の確立を検討する。問題点の解決には、標高を考慮した気候状態の判断及び任意地点での気候状態の判断を行った上での地域区分が必要と考えられる。任意地点において気候状態を判断する場合、理想的には任意地点毎の気象データに基づく判断が適切と思われるが、アメダス気象データであっても観測地点に限りがあり、任意地点の気象データを得ることは困難である。さらに、気温等の気象要素には年毎の変動があり、長期間の観測を行わなければ正確な気候状態を把握することはできない。

そこで、本論では任意地点における気候状態の判断方法として、気候状態と大きく関係する標高や緯度等を考慮した任意地点における気候状態の推定を行い、推定される気候状態に基づいて地域区分することを新たな地域区分法として提案する。このように新たな地域区分法を提案するにあたり必要となる以下に示す2段階について次に述べる。

第1段階：標高や緯度等を考慮した任意地点における気候状態の推定

第2段階：推定された気候状態に基づく地域区分

第1段階について、本論では二つの方法により任意地点における気候状態の推定を試みる。なお、気候状態を表す気候指標として、引き続き HDD18 を用いる。一つ目の推定法は、既往の研究[2],[3]において示される緯度及び標高による重回帰式を用いた推定法である。気候状態を表す HDM24 と緯度及び標高の相関が高いことを根拠として、これらを説明変数とした重回帰分析が行われる。本章冒頭において述べた通り、HDD18 と HDM24 はともに類似した気候指標であることが分かっているため、HDD18 を目的変数、緯度及び標高を説明変数とした重回帰分析も可能と判断し、HDD18 の推定を試みる。重回帰式による HDD18 の推定については 4-3 節で詳細を述べる。

もう一つの推定法は、高度補正によって標高の影響を取り除くことができることに着目した方法である。任意地点について高度補正による海拔 0m における仮想的な気候状態を再現することで、海拔 0m における HDD18(HDD18<sub>0m</sub>)を算定し、一度標高の影響を取り除いた主に緯度のみによる気候状態との関係性をもって地域を分類する。その後、任意地点による標高を用いて気候状態への標高の影響を加味することで任意地点の HDD18 の推定を試みる。ここで、簡略的に表現した HDD18 推定のフローを図 4.2 に示す。図に示すこの推定法での重要な点は、③での HDD18<sub>0m</sub>による地域の分類と④での任意地点における標高の影響を加味する方法である。これら詳細については 4-4 節で述べる。この推定法では、海拔 0m の気候分布と日本全国による標高を整備することができれば、任意地点において HDD18 を推定できることになり、延いては任意地点での地域区分をより簡便に遂行できることに繋がる。

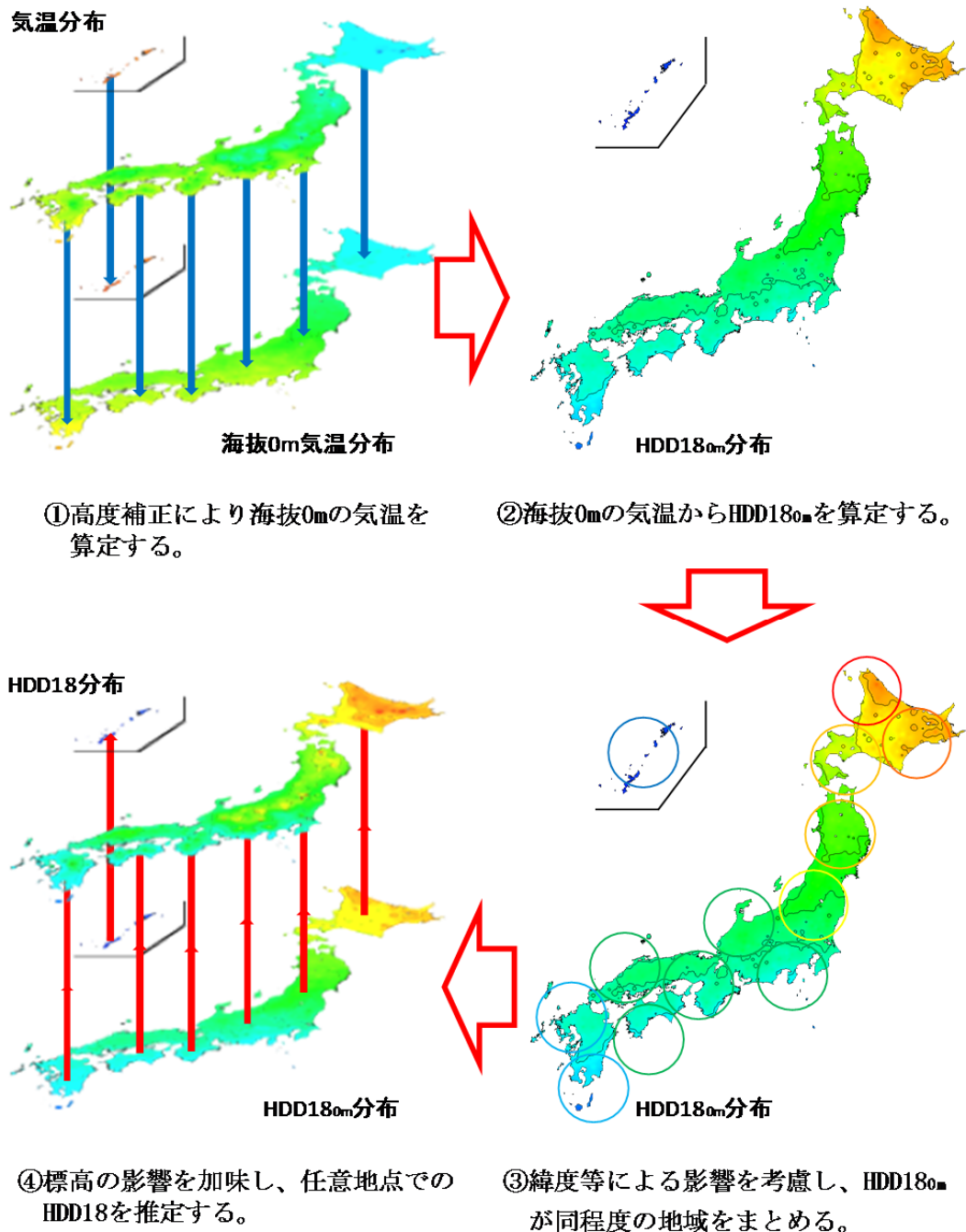


図 4.2 HDD18 推定のフロー

第 2 段階について、地域の区分は住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分に習い、推定された HDD18 に一定の範囲を設けて区切る。このとき、推定された HDD18 に定める一定の範囲については、住宅の省エネルギー基準や住宅事業建築主の判断基準における地域区分で用いられる最小の  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  区切りを採用し、より詳細な地域区分で検証する。先に示した住宅事業建築主の判断基準の住宅モデルにおける暖房負荷と HDD18 の相関関係において、HDD18 の  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  間隔は暖房負荷の約  $10000\text{MJ}$  間隔に相当する。



### 4-3. 緯度・標高による重回帰式を用いた暖房度日推定法

緯度及び標高を説明変数とする重回帰式により HDD18 の推定を試みる。推定した HDD18(以下、HDD18<sub>est</sub> とする。)を用いることで、気象データを得ることが困難な任意の地域についても気候状態の判断を可能とする。ここで、緯度と標高の相関関係を図 4.3(a) に示し、これら説明変数同士の関係性を分析する。緯度と標高における相関係数が 0.032 であることから分かるように両者に明確な相関関係はみられない。よって、緯度と標高は独立した変数であり多重共線性はないと判断できる。また、緯度を説明変数とする単回帰式及び標高を説明変数とする単回帰式による HDD18 の推定についても比較対象のため本節では行わない。

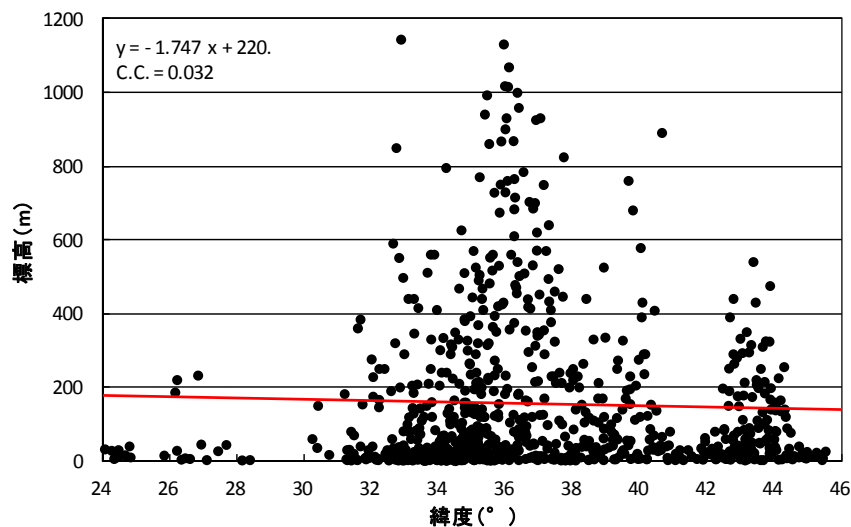


図 4.3(a) 緯度と標高の相関図

既往の研究においては、気象データに全国 152 地点の月別気象統計値が用いられ、緯度及び標高による重回帰式が作成される。本論では、拡張アメダス気象データによる 1995 年版標準年気象データを用いることで、対象地点を 842 地点とした既往の研究と比較して多地点を考慮した重回帰式の作成を行う。これにより、気候状態と緯度及び標高との関係性を重回帰式へより詳細に反映させることができると考える。

式 4.3(a)に緯度を説明変数とする単回帰式、式 4.3(b)に標高を説明変数とする単回帰式、式 4.3(c)に緯度及び標高を説明変数とする重回帰式を示す。それぞれの回帰式において用いる記号を以下に示す。

[記号]

HDD18<sub>est</sub> : 暖房度日(HDD18)の推定値 [°C・日]

$\phi$  : 緯度 [°]

h : 標高 [m]

$$\text{HDD18}_{\text{est}} = 249.2 \phi - 6519 \quad (4.3(a))$$

$$\text{HDD18}_{\text{est}} = 1.444 h - 2468 \quad (4.3(b))$$

$$\text{HDD18}_{\text{est}} = 252.0 \phi + 1.587 h - 6869 \quad (4.3(c))$$

緯度を説明変数とする単回帰式、標高を説明変数とする単回帰式、緯度及び標高を説明変数とする重回帰式により HDD18 を推定し、それぞれの  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  と HDD18 の相関を図 4.3(b) から図 4.3(d) に示す。また、これらの図中には式 4.3(d) による Mean Bias Error (以下、MBE とする。)、式 4.3(e) による Root Mean Square Error (以下、RMSE とする。) を表記する。

図 4.3(b)、図 4.3(c) から標高を説明変数とした単回帰式では十分な推定精度が得られず、一方もう一つの単回帰式である緯度を説明変数とした場合は一定の推定精度が確認できるものの、RMSE が HDD18 の平均値の約 12.7% となり十分とは言えない。そこで、これら両方を説明変数とした重回帰式への期待が高まる。図 4.3(d) から緯度及び標高を説明変数とする重回帰式により推定する  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  に比較的高い相関関係を確認できる。RMSE についても  $235.6^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  と HDD18 の平均値の約 7.2% で、10% を切る良好な結果が表される。しかし、相関図細部に目を向けると HDD18 の  $4900^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  付近における下方へのプロットの偏り等がみられる。これらプロットの偏りが前章で述べたような緯度、標高以外の要因による影響と考えられる。

これらプロットの偏り等については、図 4.3(e) に示す緯度及び標高を説明変数とする重回帰式により推定する  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  の日本全国の分布と図 4.3(f) に示す残差の分布で検証する。

$$\text{MBE} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{HDD18} - \text{HDD18}_{\text{est}})}{n} \quad (4.3(d))$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{HDD18} - \text{HDD18}_{\text{est}})^2}{n}} \quad (4.3(e))$$

[記号]

MBE : Mean Bias Error [ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ ]

RMSE : Root Mean Square Error [ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ ]

HDD18 : 暖房度日 [ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ ]

$\text{HDD18}_{\text{est}}$  : 暖房度日(HDD18)の推定値 [ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ ]

n : 地点数

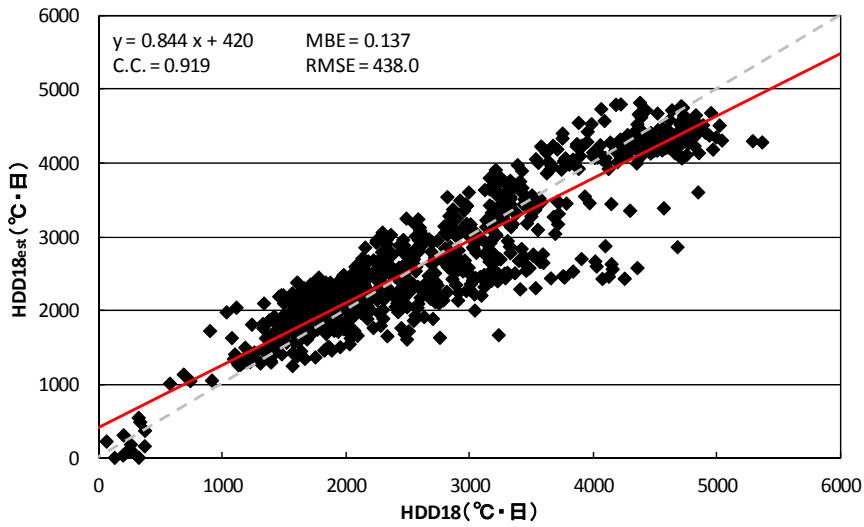


図 4.3(b) HDD18 と緯度を説明変数とする単回帰式による HDD18<sub>est</sub> の相関図

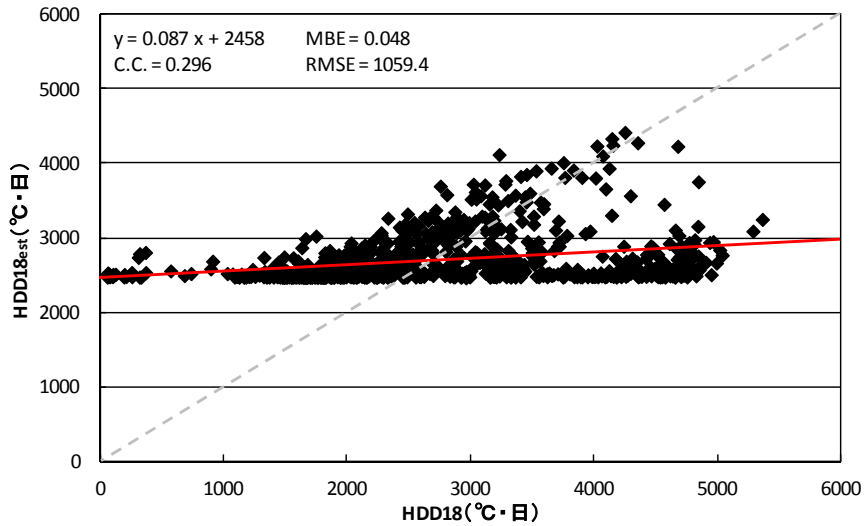


図 4.3(c) HDD18 と標高を説明変数とする単回帰式による HDD18<sub>est</sub> の相関図

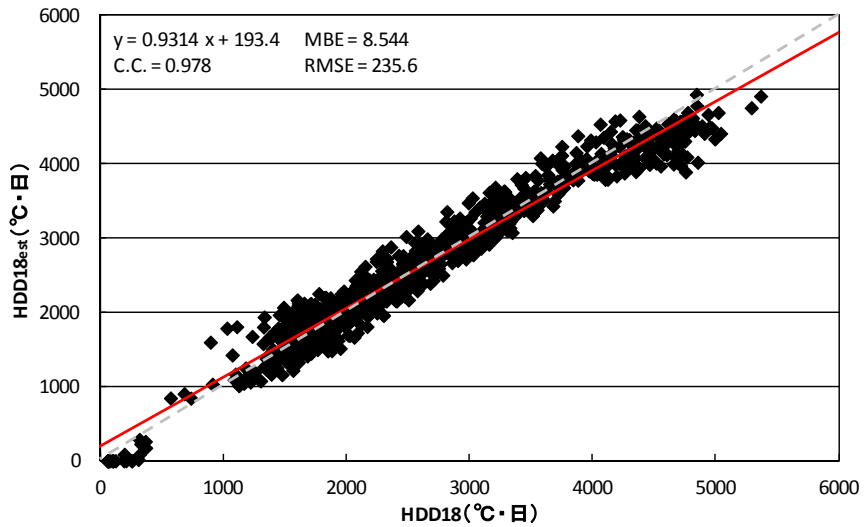


図 4.3(d) HDD18 と緯度・標高を説明変数とする重回帰式による HDD18<sub>est</sub> の相関図

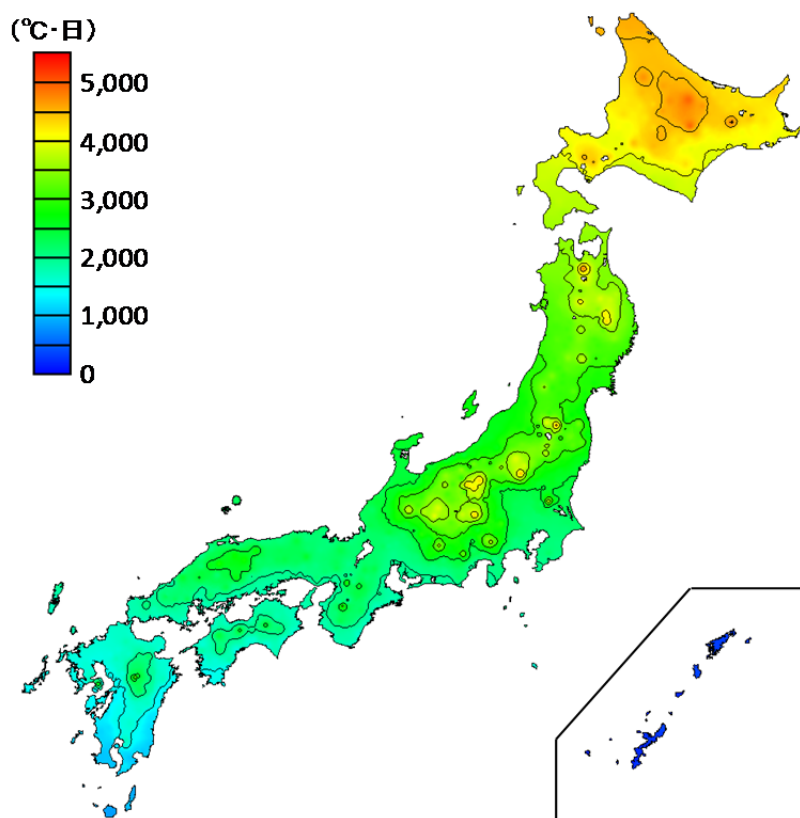


図 4.3(e) 緯度・標高を説明変数とする重回帰式による HDD18<sub>est</sub> の分布

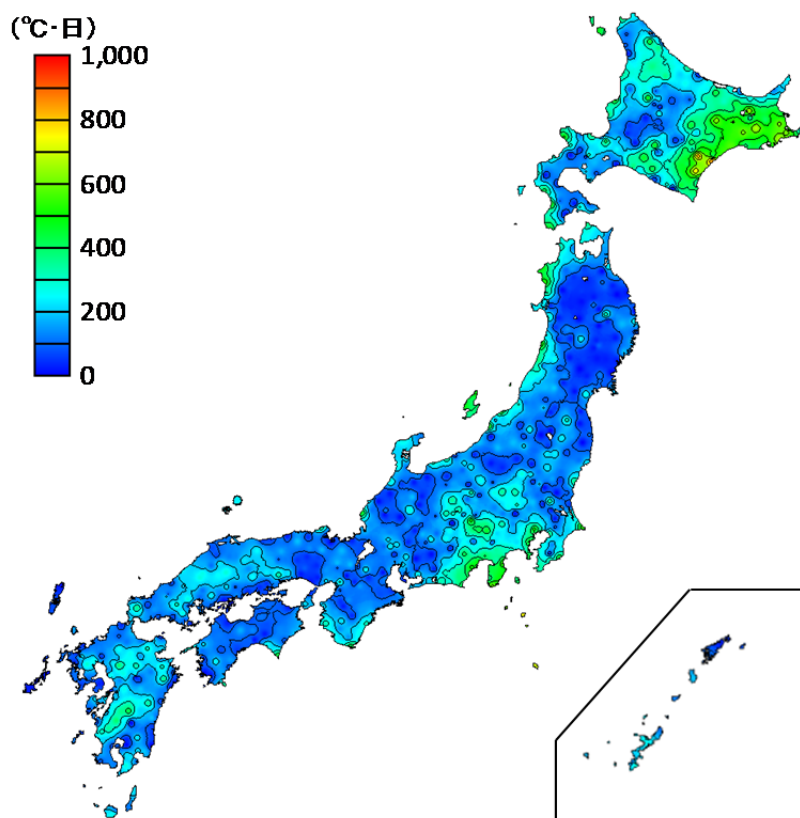


図 4.3(f) 緯度・標高を説明変数とする重回帰式の残差分布

図 4.3(e)より、日本全国の HDD18 の分布を表した図 3.1.1(b)と類似した分布傾向で、高緯度地域になるに従って増加する HDD18 や標高が周辺地域と比較して高い地点での島状の分布形成をみることができる。図 4.3(f)からも日本全国において比較的残差が少ない推定が行われていることが分かる。ただし、北海道太平洋側や関東において、残差の分布からも確認できる HDD18<sub>est</sub> と HDD18 のズレが大きくなる地域がみられる。緯度及び標高を説明変数とする重回帰式による推定法は、平均的に推定の残差が少ない比較的良好な推定法であると言えるが、地域区分に利用するという観点で考えたとき、一部の地域に残差が拡大する恐れがあることは望ましくない。緯度及び標高を説明変数とする重回帰式による推定法はこの点に留意しなければならない。

#### 4-4. 高度補正を利用した暖房度日推定法

本節では、任意地点における HDD18 の推定法として、高度補正を利用して標高の影響を考慮する HDD18 の推定法を試みる。具体的には、図 4.2 に示すフローに従い推定を行う。①から②での HDD18<sub>0m</sub> の算定は前章で示した通りである。ここでは、高度補正を利用して標高の影響を考慮する HDD18 の推定法で重要となる「③緯度等による影響を考慮し、HDD18<sub>0m</sub> が同程度の地域をまとめる。」と「④標高の影響を加味し、任意地点での HDD18 を推定する。」についての詳細をまとめる。

まず始めに、「③緯度等による影響を考慮し、HDD18<sub>0m</sub> が同程度の地域をまとめる。」について述べる。高度補正により海拔 0m の気温を算定し、それを用いて求められる HDD18<sub>0m</sub> の値は日本全国一律ではなく、緯度等による気候状態への影響により高緯度地域になるに従って緩やかに増加する傾向が現れることがこれまでの分析で示されている。このように高度補正を利用することで算定する HDD18<sub>0m</sub> であっても日本全国を一つの値で表すことはできない。しかし、各地点標高から算定される HDD18 の分布と比較すると標高に起因した周辺地域での急激な変化が取り除かれたことにより、同程度の HDD18<sub>0m</sub> の値が広範囲に渡って広がる。

住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分において地域の最小単位として市区町村が用いられる一つの理由に、標高等の影響によって比較的近い地域で気候状態が大きく異なる場合への対応が挙げられる。地域の最小単位を狭く設けることで HDD18 が同程度の地域をまとめ、一つの地域内の気候的差異を小さくするための工夫がなされている。これを踏まえると、HDD18<sub>0m</sub> の分布により HDD18<sub>0m</sub> が同程度の地域をまとめることは、地域の最小単位を広く、つまり複雑な分類を省くことができるという利点と考えられる。

この利点を活かして HDD18<sub>0m</sub> が同程度の地域をまとめるにあたって、市区町村のような地域単位を設ける必要がある。HDD18<sub>0m</sub> の値そのものに範囲を設けて分類することも可能だが、地域区分に利用することを目的とした HDD18<sub>est</sub> の推定ということを鑑みて、いずれの任意地点においても簡明に HDD18 が推定できるよう配慮しなければならない。そこで、本節で提案する推定法では、分類する地域毎の HDD18<sub>0m</sub> が一定範囲に収まるような地域単

位を選定し、海拔 0m における地域の分類について整備する。なお、地域単位を選定については 4-4-1 節で詳細を述べる。

このように広範囲を一つの地域単位として分類できる HDD18<sub>0m</sub>により海拔 0m における地域を分類し、それぞれの地域の HDD18<sub>0m</sub> を定めた後、次に本節で述べる推定法では、フローに従い「④標高の影響を加味し、任意地点での HDD18 を推定する。」を行う。これより、「④標高の影響を加味し、任意地点での HDD18 を推定する。」について述べる。任意地点における HDD18 を推定するためには、一度取り除いた標高による影響を再び考慮して加味する必要がある。海拔 0m から考えると任意地点では標高が高くなるため、気温減率により任意地点での気温は海拔 0m と比較して低く、HDD18 が増加することが推察される。

この標高に応じて HDD18<sub>0m</sub> から増加する HDD18 を任意地点の標高との関係性により表すことができれば、海拔 0m における分類された地域毎の HDD18<sub>0m</sub> の値にそれを加算することで、標高の影響を加味した任意地点での HDD18 の推定ができることとなる。4-4-2 節では、標高に応じて HDD18<sub>0m</sub> から増加する HDD18 を任意地点の標高との関係性により表す方法について述べる。

#### 4-4-1. 海拔 0m における地域単位の選定

海拔 0m における地域単位の選定は慎重に行わなければならない。地域単位が広過ぎると各地域における気候状態の統一性が失われる恐れがあり、反対に地域単位が狭過ぎると地域区分における煩雑化に結び付く恐れがある。また、高度補正を利用した HDD18 の推定法においては、海拔 0m での地域の分類に基づく HDD18<sub>0m</sub> を任意地点の標高における HDD18 を推定する際の基準値として扱うため、極めて海拔 0m における HDD18<sub>0m</sub> の整備は重要である。よって、HDD18<sub>0m</sub> が同程度となる地域を適切に分類できる地域単位の選定は必至である。そこで、本節においては地域単位として都道府県を一つの単位とした場合及び 1 次細分区域[7]を一つの単位とした場合の 2 通りの地域単位について検証し、適切な地域単位を選定する。

##### (1) 都道府県単位

地域単位として都道府県を選定した場合について検証する。ただし、北海道は広域なので庁単位でさらに細分化する。また、高度補正を利用した HDD18 の推定法において、基準値として扱われる分類した各地域での HDD18<sub>0m</sub> の値は、それぞれの都道府県に存在する拡張アメダス気象データの地点すべてで算定される HDD18<sub>0m</sub> を平均することで求める。なお、このとき東京や鹿児島での離島における基準値との乖離を避けるため、同県内の離島についてはここでは対象外とする。図 4.4.1(a)に都道府県毎に求めた HDD18<sub>0m</sub> の平均値(●)(以下、 $\overline{\text{HDD18}}_{0m,adj}$  とする。)を年平均気温が低い都道府県の順に並べ、各都道府県に存在する拡張アメダス気象データの各地点における HDD18<sub>0m</sub>(□)も併せて示す。図に対応した年平均気温の昇順について、都道府県名と  $\overline{\text{HDD18}}_{0m,adj}$  を表 4.4.1(a)に表す。 $\overline{\text{HDD18}}_{0m,adj}$  は



表 4.4.1(a) 年平均気昇順で示す都道府県名とHDD18<sub>0m,adj</sub>

並び番号	都道府県名	HDD18 <sub>0m,adj</sub> (°C・日)	並び番号	都道府県名	HDD18 <sub>0m,adj</sub> (°C・日)	並び番号	都道府県名	HDD18 <sub>0m,adj</sub> (°C・日)
1	根室支庁	4444	21	新潟県	2386	41	東京都	1805
2	釧路支庁	4445	22	富山県	2240	42	愛知県	1812
3	宗谷支庁	4425	23	石川県	2217	43	神奈川県	1664
4	網走支庁	4353	24	栃木県	2198	44	山梨県	1808
5	十勝支庁	4275	25	茨城県	2128	45	三重県	1710
6	上川支庁	4294	26	群馬県	2103	46	大阪府	1763
7	空知支庁	4176	27	鳥取県	1990	47	香川県	1729
8	留萌支庁	4050	28	福井県	2016	48	大分県	1676
9	日高支庁	3956	29	岐阜県	2090	49	佐賀県	1670
10	胆振支庁	3913	30	滋賀県	2028	50	福岡県	1666
11	石狩支庁	3874	31	埼玉県	2003	51	徳島県	1634
12	後志支庁	3754	32	島根県	1966	52	和歌山県	1599
13	渡島支庁	3565	33	岡山県	2041	53	愛媛県	1593
14	檜山支庁	3496	34	長野県	2103	54	静岡県	1529
15	青森県	3169	35	京都府	1989	55	熊本県	1576
16	岩手県	3047	36	広島県	1947	56	高知県	1500
17	秋田県	3008	37	兵庫県	1914	57	長崎県	1439
18	宮城県	2715	38	千葉県	1776	58	宮崎県	1370
19	山形県	2794	39	奈良県	1883	59	鹿児島県	1241
20	福島県	2476	40	山口県	1801	60	沖縄県	103

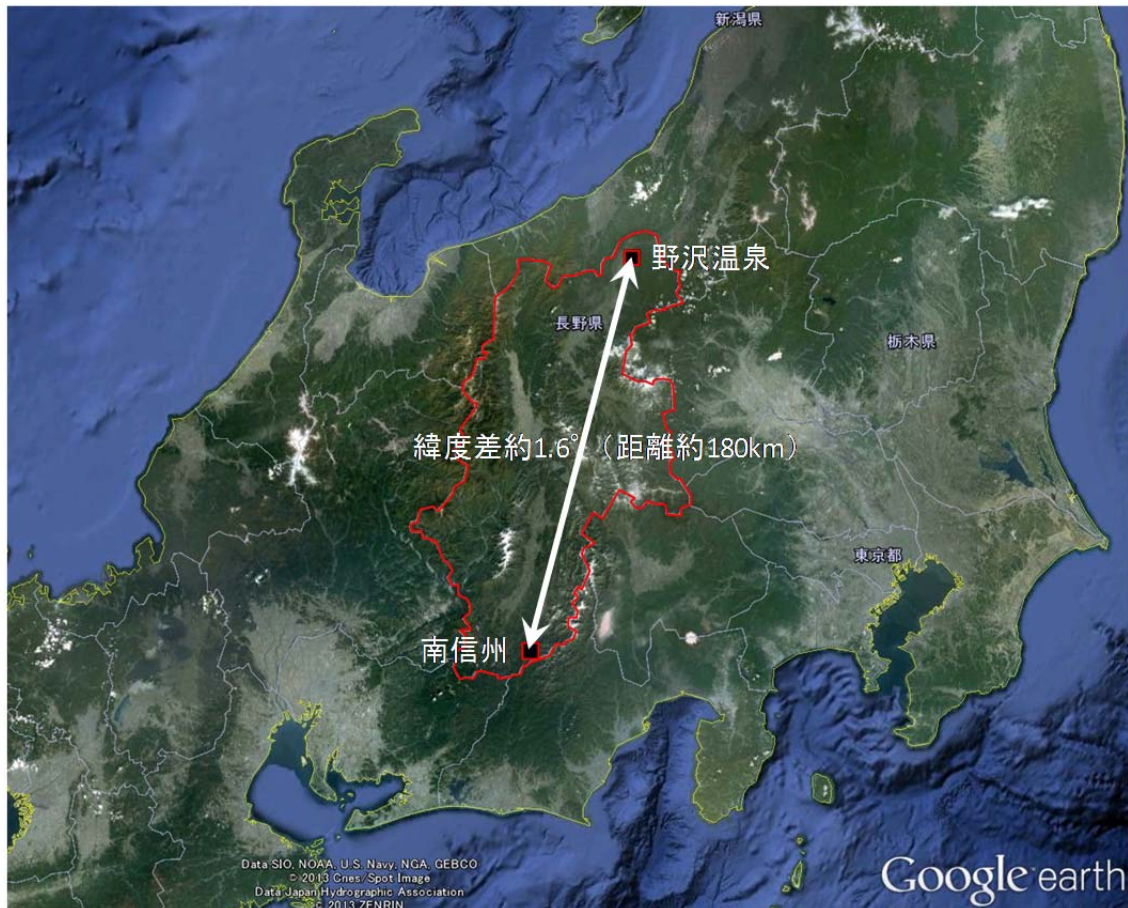


図 4.4.1(b) 長野県におけるアメダス地点（野沢温泉・南信州）

(2)1 次細分区域単位

都道府県単位よりも狭い範囲での地域単位が必要と考えられるため、都道府県をさらに細分化した地域単位に 1 次細分区域を選定し、1 次細分区域を地域単位とした海拔 0m にお



ける同程度の HDD180m となる地域の分類について検証する。

ここで、1次細分区域について述べる。1次細分区域とは、気象庁が気候特性、災害特性及び地理特性により日本全国を天気予報区に分割したものである。1次細分区域では、各都道府県について2、3の地域への細分化がなされている。これにより、日本全国は表4.4.1(b)に示す142箇所に分割される。図4.4.1(c)に北海道の一部、長野県、大阪府、鹿児島県、宮崎県の5都道府県に関する1次細分区域を示す。地域単位として都道府県単位を用いた際に緯度が広域だった長野県について、3地域に分割されることで各地域における緯度域が抑えられていることが確認できる。また、1次細分区域は各都道府県に対して均等な地域分割を行うものではないので、大阪府のように1地域として分割がなされない地域、宮崎県のように4地域に分割される地域等々であることも図より確認できる。

また、図でみられる各都道府県における色分けは、1次細分区域よりさらに細分化された地域単位の2次細分区域を表している。2次細分区域は、天気予報において警報や注意報を発表するときに使用される区域で、日本全国が約370箇所の2次細分区域に分割される。この2次細分区域による海拔0mでの地域の分類についても検証することが考えられる。しかし、本論では地域の分類数が多いことやアメダス地点による気象データを得ることが困難な地域が存在することから2次細分区域による検証は行わないこととした。

表 4.4.1(b) 1次細分区域名

都道府県名	1次細分区域名	都道府県名	1次細分区域名	都道府県名	1次細分区域名	都道府県名	1次細分区域名
北海道	宗谷地方	栃木	南部	石川	能登	山口	東部
北海道	上川地方	群馬	北部	石川	加賀	福岡	北九州地方
北海道	留萌地方	群馬	南部	福井	嶺北	福岡	筑豊地方
北海道	石狩地方	埼玉	北部	福井	嶺南	福岡	福岡地方
北海道	空知地方	埼玉	秩父地方	滋賀	北部	福岡	筑後地方
北海道	後志地方	埼玉	南部	滋賀	南部	大分	北部
北海道	紋別地方	東京	東京地方	京都	北部	大分	西部
北海道	網走地方	東京	伊豆諸島北部	京都	南部	大分	中部
北海道	北見地方	東京	伊豆諸島南部	大阪	大阪府	大分	南部
北海道	根室地方	東京	小笠原諸島	兵庫	北部	長崎	壱岐・対馬
北海道	釧路地方	千葉	北東部	兵庫	南部	長崎	北部
北海道	十勝地方	千葉	北西部	奈良	北部	長崎	南部
北海道	胆振地方	千葉	南部	奈良	南部	長崎	五島
北海道	日高地方	神奈川	東部	和歌山	北部	佐賀	北部
北海道	渡島地方	神奈川	西部	和歌山	南部	佐賀	南部
北海道	檜山地方	長野	北部	岡山	北部	熊本	熊本地方
青森	下北	長野	中部	岡山	南部	熊本	阿蘇地方
青森	津軽	長野	南部	広島	北部	熊本	球磨地方
青森	八戸	山梨	中・西部	広島	南部	熊本	天草・芦北地
秋田	沿岸	山梨	東部・富士五	島根	隠岐	宮崎	北部山沿い
秋田	内陸	静岡	東部	島根	東部	宮崎	北部平野部
岩手	内陸	静岡	伊豆	島根	西部	宮崎	南部平野部
岩手	沿岸北部	静岡	中部	鳥取	西部	宮崎	南部山沿い
岩手	沿岸南部	静岡	西部	鳥取	東部	鹿児島	薩摩地方
宮城	東部	愛知	西部	徳島	北部	鹿児島	大隅地方
宮城	西部	愛知	東部	徳島	南部	鹿児島	種子島・屋久
山形	庄内	岐阜	飛騨地方	香川	香川県	鹿児島	奄美地方
山形	最上	岐阜	美濃地方	愛媛	東予	沖縄	本島北部
山形	村山	三重	北中部	愛媛	中予	沖縄	本島中南部
山形	置賜	三重	南部	愛媛	南予	沖縄	久米島
福島	中通り	新潟	下越	高知	中部	沖縄	大東島地方
福島	会津	新潟	佐渡	高知	東部	沖縄	宮古島地方
福島	浜通り	新潟	中越	高知	西部	沖縄	与那国島地方
茨城	北部	新潟	上越	山口	北部	沖縄	石垣島地方
茨城	南部	新潟	西部	山口	中部		
栃木	北部	富山	東部	山口	西部		

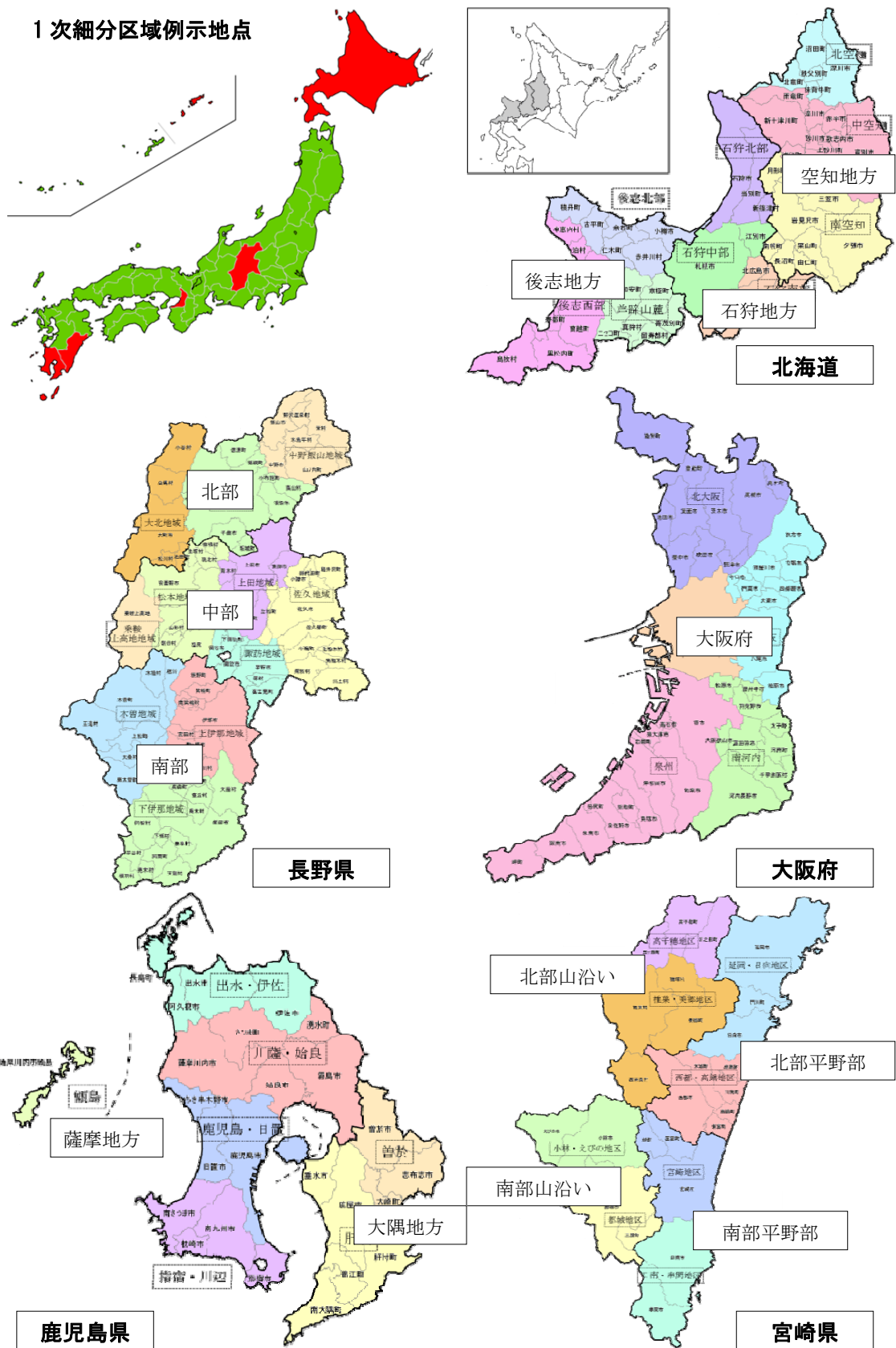


図 4. 4. 1(c) 1次細分区域の例示（北海道・長野県・大阪府・鹿児島県・宮崎県）

地域単位に都道府県単位を用いた検証同様に、高度補正を利用した HDD18 の推定法において、基準値として扱われる分類した各地域での HDD18<sub>0m</sub> の値をそれぞれの 1 次細分区域に存在する拡張アメダス気象データの地点すべてで算定される HDD18<sub>0m</sub> を平均することで求める。図 4.4.1(d) に 1 次細分区域毎に求めた HDD18<sub>0m</sub> の平均値(●)(以下、 $\overline{\text{HDD18}_{0m}}$  とする。)を年平均気温が低い 1 次細分区域の順に並べ、各 1 次細分区域に存在する拡張アメダス気象データの各地点における HDD18<sub>0m</sub>(□)も併せて示す。図に対応した年平均気温の昇順について、都道府県名と 1 次細分区域名及び  $\overline{\text{HDD18}_{0m}}$  を表 4.4.1(c)、表 4.4.1(d) に表す。 $\overline{\text{HDD18}_{0m}}$  は式 4.4.1(b) により算定する。但し、式 4.4.1(b) において  $\overline{\theta_0}(i)$  が 18℃ 以上のときは積算しない。式中の記号は以下に示す通りである。

$$\overline{\text{HDD18}_{0m}} = \sum_{i=1}^n (18 - \overline{\theta_0}(i)) \quad (4.4.1(b))$$

[記号]

$\overline{\text{HDD18}_{0m}}$  : 1 次細分区域毎の海拔 0m における暖房度日(HDD18<sub>0m</sub>)の平均値 [℃・日]

$\overline{\theta_0}$  : 海拔 0m における日平均気温の 1 次細分区域毎の平均値 [℃]

n :  $\overline{\theta_0}$  が 18℃ 以下となる日数 [日]

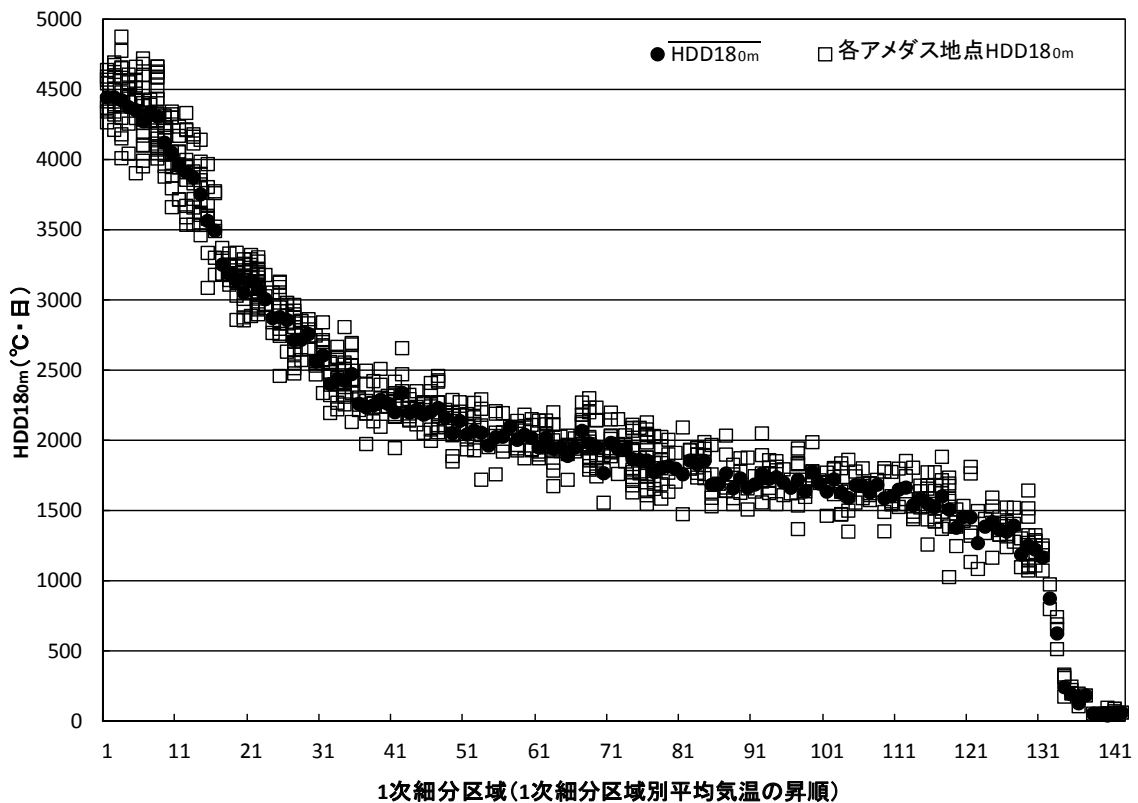


図 4.4.1(d) 各アメダス地点における HDD18<sub>0m</sub> と 1 次細分区域毎の HDD18<sub>0m</sub> の平均値

表 4.4.1(c) 年平均気温の昇順で示す都道府県名、1次細分区域名、 $\overline{\text{HDD18}_{0m}}$  (その1)

並び番号	都道府県名	1次細分区域名	$\overline{\text{HDD18}_{0m}}$ (°C・日)	並び番号	都道府県名	1次細分区域名	$\overline{\text{HDD18}_{0m}}$ (°C・日)
1	北海道	根室地方	4444.2	62	群馬県	南部	2019.7
2	北海道	釧路地方	4445.2	63	島根県	西部	1942.5
3	北海道	宗谷地方	4425.2	64	福井県	嶺南	1950.9
4	北海道	網走地方	4375	65	千葉県	北西部	1891.5
5	北海道	紋別地方	4353.3	66	埼玉県	南部	1950.8
6	北海道	十勝地方	4275.1	67	長野県	中部	2069.6
7	北海道	北見地方	4339.8	68	岐阜県	美濃地方	1981.2
8	北海道	上川地方	4308.2	69	岡山県	南部	1956.6
9	北海道	空知地方	4121.8	70	千葉県	北東部	1767.9
10	北海道	留萌地方	4049.9	71	長野県	南部	1983.7
11	北海道	日高地方	3956	72	京都府	南部	1940.3
12	北海道	胆振地方	3913.1	73	奈良県	北部	1937.4
13	北海道	石狩地方	3874	74	広島県	南部	1868.4
14	北海道	後志地方	3754.2	75	山口県	中部	1862.5
15	北海道	渡島地方	3565.3	76	兵庫県	南部	1858.5
16	北海道	檜山地方	3495.5	77	山口県	北部	1775.9
17	青森県	下北	3253.5	78	東京都	東京地方	1804.6
18	青森県	八戸	3189.2	79	山口県	東部	1816.6
19	青森県	津軽	3139.8	80	奈良県	南部	1800
20	岩手県	沿岸北部	3054.4	81	山口県	西部	1759.9
21	秋田県	内陸	3138.1	82	山梨県	東部・富士五	1858
22	岩手県	内陸	3078.4	83	三重県	北中部	1832.3
23	山形県	最上	3007	84	愛知県	西部	1855.2
24	岩手県	沿岸南部	2872.7	85	千葉県	南部	1684.7
25	秋田県	沿岸	2879.8	86	神奈川県	西部	1693
26	山形県	村山	2859.1	87	愛知県	東部	1766
27	宮城県	東部	2716	88	神奈川県	東部	1661.2
28	宮城県	西部	2719.3	89	大分県	北部	1730.8
29	山形県	置賜	2759.2	90	長崎県	壱岐・対馬	1665.2
30	山形県	庄内	2563.3	91	大分県	中部	1687.4
31	福島県	会津	2606.8	92	大阪府	大阪府	1762.7
32	福島県	浜通り	2403	93	香川県	香川県	1728.7
33	新潟県	下越	2437.1	94	徳島県	北部	1739.1
34	福島県	中通り	2428.6	95	福岡県	北九州地方	1701.9
35	新潟県	中越	2474	96	佐賀県	北部	1664.5
36	新潟県	佐渡	2261.9	97	和歌山県	北部	1721.4
37	茨城県	北部	2237.5	98	静岡県	東部	1638.2
38	石川県	能登	2251.5	99	山梨県	中・西部	1777.3
39	新潟県	上越	2290.7	100	福岡県	筑豊地方	1694
40	富山県	西部	2262.7	101	福岡県	福岡地方	1637.1
41	栃木県	北部	2202.3	102	大分県	西部	1723.9
42	長野県	北部	2340.1	103	高知県	中部	1629.2
43	栃木県	南部	2200.3	104	三重県	南部	1591.3
44	富山県	東部	2219.3	105	佐賀県	南部	1681.7
45	石川県	加賀	2185	106	福岡県	筑後地方	1676.2
46	群馬県	北部	2207.2	107	愛媛県	東予	1631.1
47	岐阜県	飛騨地方	2232.6	108	熊本県	球磨地方	1685.7
48	広島県	北部	2161.5	109	大分県	南部	1588.8
49	茨城県	南部	2052.7	110	静岡県	西部	1603.8
50	岡山県	北部	2140.2	111	愛媛県	中予	1650.7
51	鳥取県	東部	2043.6	112	熊本県	阿蘇地方	1665.6
52	兵庫県	北部	2071.9	113	徳島県	南部	1539.6
53	福井県	嶺北	2056	114	宮崎県	北部山沿い	1587.3
54	島根県	隠岐	1965.2	115	愛媛県	南予	1552.5
55	京都府	北部	2024	116	静岡県	中部	1526.5
56	埼玉県	北部	2028	117	熊本県	熊本地方	1602.8
57	埼玉県	秩父地方	2099.3	118	高知県	西部	1509.9
58	島根県	東部	2005.9	119	静岡県	伊豆	1379.8
59	滋賀県	南部	2041.9	120	長崎県	北部	1456.5
60	滋賀県	北部	2020.1	121	和歌山県	南部	1453.9
61	鳥取県	西部	1951.7	122	東京都	伊豆諸島北部	1269.9

表 4.4.1(d) 年平均気温の昇順で示す都道府県名、1次細分区域名、 $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$  (その2)

並び番号	都道府県名	1次細分区域名	$\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}(\text{°C}\cdot\text{日})$	並び番号	都道府県名	1次細分区域名	$\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}(\text{°C}\cdot\text{日})$
123	長崎県	五島	1387.2	133	鹿児島県	種子島・屋久	626.6
124	熊本県	天草・芦北地	1419	134	鹿児島県	奄美地方	244.5
125	宮崎県	北部平野部	1365.4	135	沖縄県	本島北部	193.8
126	長崎県	南部	1352.2	136	沖縄県	本島中南部	129.4
127	宮崎県	南部山沿い	1394.4	137	沖縄県	久米島	185.4
128	高知県	東部	1188.5	138	東京都	小笠原諸島	55.6
129	鹿児島県	薩摩地方	1251.8	139	沖縄県	大東島地方	54.1
130	鹿児島県	大隅地方	1222.7	140	沖縄県	宮古島地方	42.5
131	宮崎県	南部平野部	1168.4	141	沖縄県	石垣島地方	50.2
132	東京都	伊豆諸島南部	875.2	142	沖縄県	与那国島地方	63.1

図より、 $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ と各地点の  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  の差が都道府県単位としたときと比較して小さくなったことがみてとれる。また、全区域における $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ と各地点の  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  の差の平均が約  $110\text{°C}\cdot\text{日}$ であることが確認できた。これは、全地点における  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  の平均の約 4.7%に相当し、1次細分区域毎に求まる $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ と各地点の  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  の乖離が比較的小さく抑えられていると言える。さらに、都道府県単位として分類した際にみられた長野県等の $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m,adj}}$ と各地点の  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  の差が大きくなる地域が緩和されていることもみられる。これらの検証を踏まえて、本節において提案する高度補正を利用した  $\text{HDD18}$  の推定法では、 $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  が同程度の地域をまとめるための地域単位として1次細分区域を利用することとする。なお、1次細分区域毎に算定される $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ については、本推定法において任意地点の標高を考慮するために必要となる基準値として扱う。

#### 4-4-2. 標高の影響による暖房度日の増加量

前節では、緯度等による影響を考慮して海拔 0m における地域の分類を1次細分区域により行い、1次細分区域毎に高度補正を利用した  $\text{HDD18}$  の推定法での基準値として $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ を整理した。高度補正を利用した  $\text{HDD18}$  の推定法では、図 4.2 に示すフローに従い最後に「④標高の影響を加味し、任意地点での  $\text{HDD18}$  を推定する。」を行わなければならない。本節では、前述したように、標高に応じて  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  から増加する  $\text{HDD18}$  を任意地点の標高との関係性により表す方法について述べる。

まず、東京を対象として標高に応じて  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  から増加する  $\text{HDD18}$  を分析する。ここで、標高に応じて  $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  から増加する  $\text{HDD18}$  の増加量を $\Delta\text{HDD18}$ とする。図 4.4.2(a)に東京における日平均気温の年間での推移を示す。併せて図 4.4.2(a)では、式 4.4.2(a)により算定した 500m 及び 1000m に相当する日平均気温についても示す。なお、ここで示す 500m 及び 1000m に相当する日平均気温は、式 4.4.2(a)を用いることで標高による気温の低下を想定したもので、冬期、夏期等の季節に依存するような変動等については再現していない。図で表す  $18\text{°C}$ の赤の点線を日平均気温が下回るときの差を積算したものが  $\text{HDD18}$  であり、気温の低下、つまり標高が高くなることで  $\text{HDD18}$  が増加することが分かる。また、この図からは $\Delta\text{HDD18}$ が標高と比例関係にないことがうかがえる。既に赤の点線下にある日については、標高による気温の低下がすべて $\Delta\text{HDD18}$ に結び付く。しかし、標高が

高くなることで気温が低下して初めて赤の点線を下回るような場合、下回ったとき初めて  $\Delta\text{HDD18}$  となる。よって、一定以上標高が高くならなければ、標高が高くなったとしても  $\Delta\text{HDD18}$  が増加することはない。これを言い換えると、標高が高くなればなるほど  $\Delta\text{HDD18}$  が増加する日数(期間)が拡大し、 $\Delta\text{HDD18}$  の増加が大きくなると言える。

$$\theta_h = \theta_0 - 0.006 h \quad (4.4.2(a))$$

[記号]

$\theta_h$  : 標高  $h$  m における気温 [°C]

$\theta_0$  : 海拔 0m における気温 [°C]

$h$  : 標高 [m]

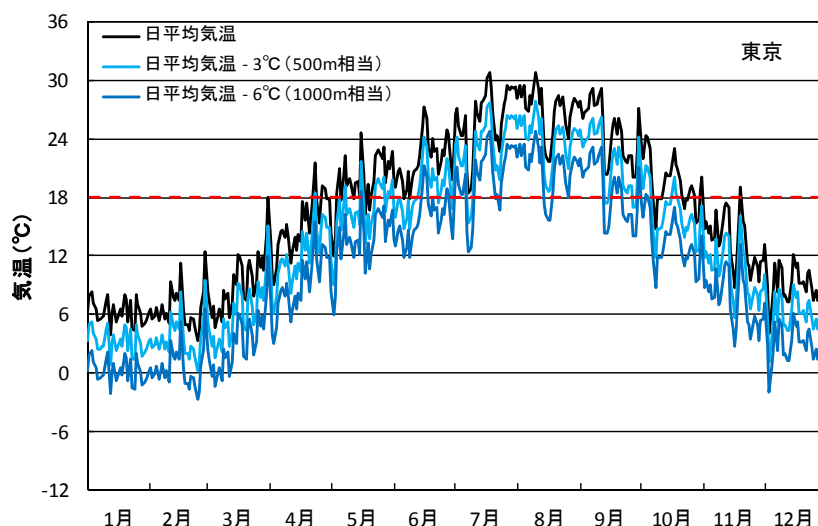


図 4.4.2(a) 東京における気温の年間推移(日平均気温・日平均気温-3°C・日平均気温-6°C)

図 4.4.2(a)では、標高が高くなることで HDD18 が増加すること及び標高が高くなることで HDD18 が発生する日数(期間)が増え  $\Delta\text{HDD18}$  が増加することが示された。そこで、この標高と  $\Delta\text{HDD18}$  の関係を図 4.4.2(b)に示し、標高の上昇に伴った  $\Delta\text{HDD18}$  の増加傾向についてさらなる考察を進める。ここで、図に示す  $\Delta\text{HDD18}$  は式 4.4.2(a)を用いて 10m 毎に各標高を想定して算定される気温により求められる HDD18 から HDD18<sub>0m</sub> を差し引く式 4.4.2(b)により算定する。図では横軸に示す標高までの  $\Delta\text{HDD18}$  を表している。

図より、標高が高くなることで  $\Delta\text{HDD18}$  が増加している様子を確認できる。その傾向を注視すると、やはり標高と  $\Delta\text{HDD18}$  が比例関係にないことが分かる。標高が高いときの  $\Delta\text{HDD18}$  の増加は標高が低いときの  $\Delta\text{HDD18}$  の増加と比較して大きい。そこで、標高と単位標高あたりの  $\Delta\text{HDD18}$  の関係を図 4.4.2(c)に示して確認する。図では横軸に示す標高から 10m 標高が上昇するときの  $\Delta\text{HDD18}$  を示す。図より、標高の上昇に伴う単位標高あた

りの $\Delta\text{HDD18}$ の増加が確認できる。標高が0mから10mへ上昇したとき $\Delta\text{HDD18}$ が約 $11.8^\circ\text{C}\cdot\text{日}/10\text{m}$ であるのに対し、標高が1000mから1010mへ上昇したとき $\Delta\text{HDD18}$ は約 $17.1^\circ\text{C}\cdot\text{日}/10\text{m}$ と約 $5.3^\circ\text{C}\cdot\text{日}/10\text{m}$ 増加している。よって、任意地点標高によるHDD18の推定には標高の上昇に伴う単位標高あたりの $\Delta\text{HDD18}$ の増加に留意しなければならない。

$$\Delta\text{HDD18} = \text{HDD18}_h - \text{HDD18}_{0\text{m}} \quad (4.4.2(b))$$

[記号]

- $\Delta\text{HDD18}$  : 標高に応じて $\text{HDD18}_{0\text{m}}$ から増加するHDD18の増加量 [ $^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ ]
- $\text{HDD18}_h$  : 標高  $h$  m における暖房度日(HDD18) [ $^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ ]
- $\text{HDD18}_{0\text{m}}$  : 海拔 0m における暖房度日( $\text{HDD18}_{0\text{m}}$ ) [ $^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ ]

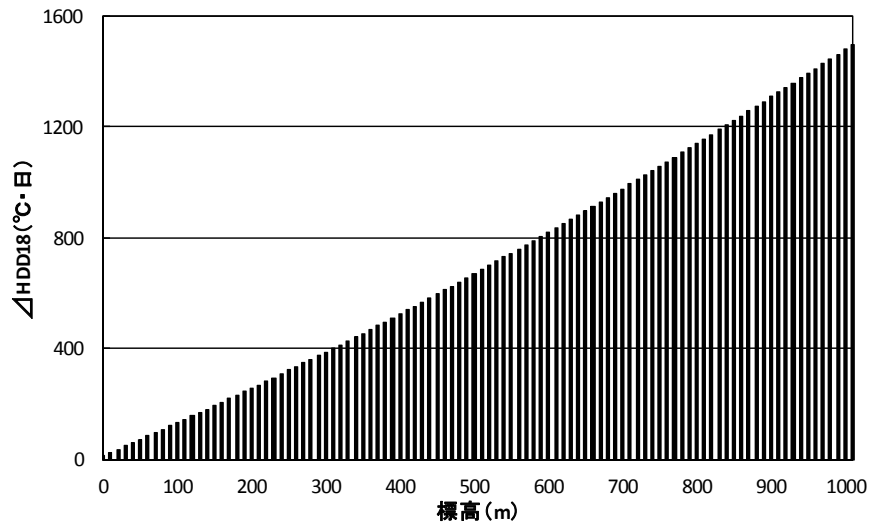


図 4.4.2(b) 東京における標高と $\Delta\text{HDD18}$ の関係

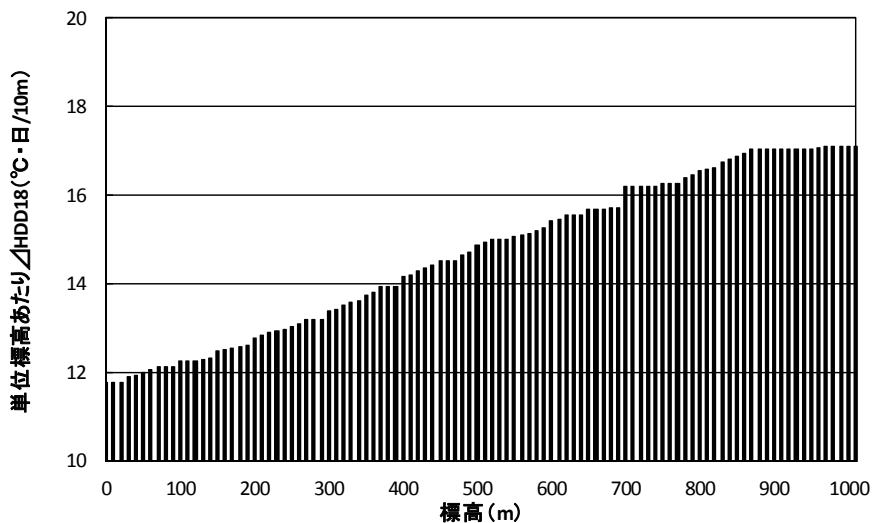


図 4.4.2(c) 東京における標高と単位標高(10m)あたりの $\Delta\text{HDD18}$ の関係

上記した特徴を表した標高と $\Delta$ HDD18の関係式を作成し、基準となる $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ にこの関係式より算定される $\Delta$ HDD18を加えれば、日本全国いずれの地点でも1次細分区域及び標高の情報が得られればHDD18が推定できることとなる。しかし、東京における標高と $\Delta$ HDD18の関係を他地域に適用した際、推定誤差が大きくなることが確認された。これより、標高と $\Delta$ HDD18の関係性には地域特性が考えられる。

図4.4.2(d)に札幌における日平均気温の年間での推移、図4.4.2(e)に那覇における日平均気温の年間での推移を示し、それぞれに式4.4.2(a)により算定した500m及び1000mに相当する日平均気温についても表す。これらの図より、18°Cの赤の点線を下回る日数(期間)は地域により大きく異なることが分かる。札幌のように高緯度地域では、日平均気温が元々低いため標高上昇に伴う $\Delta$ HDD18は大きい、一方で $\Delta$ HDD18が増加する日数(期間)の拡大は小さい。反対に那覇のように低緯度地域では、日平均気温が元々高いため標高上昇に伴う $\Delta$ HDD18は比較的小さいが、一方で $\Delta$ HDD18が増加する日数(期間)の拡大は大きくなる。

これらの傾向について詳細な分析を行うため、図4.4.2(f)に札幌における標高と単位標高あたりの $\Delta$ HDD18の関係を示し、図4.4.2(g)に札幌における標高と単位標高あたりの $\Delta$ HDD18の関係を示す。図から上記した傾向を確認することができる。札幌と那覇を比較して、各標高での単位標高あたりの $\Delta$ HDD18は札幌が大きい。これは標高上昇が影響する期間が高緯度地域で低温の札幌が長いためである。また、単位標高あたりの $\Delta$ HDD18の増加量に目を向けると札幌では緩やかな増加を示しているのに対して、那覇では札幌と比較して急激な増加傾向が現れている。これは那覇において $\Delta$ HDD18が増加する日数(期間)の拡大が大きいことが要因として考えられる。このように、これらの地域間における傾向に明らかな違いがあることが確認できた。よって、任意地点標高によるHDD18の推定には地域特性についても留意しなければならない。

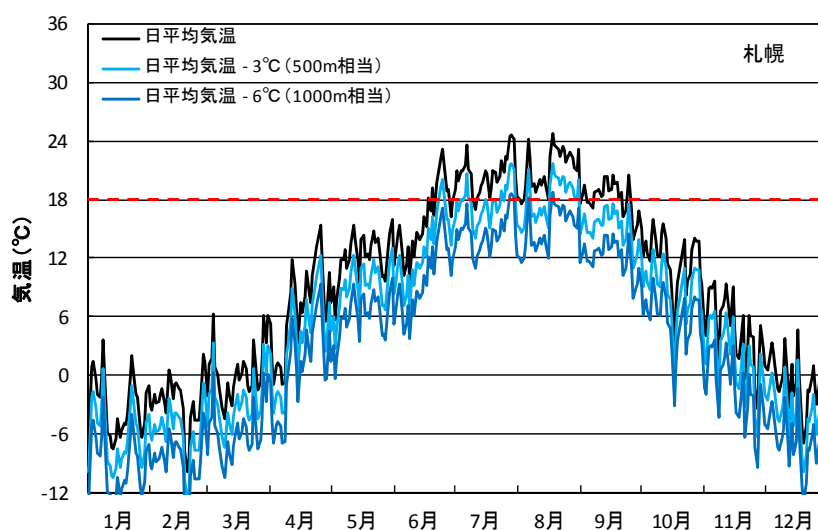


図4.4.2(d) 札幌における気温の年間推移(日平均気温・日平均気温-3°C・日平均気温-6°C)



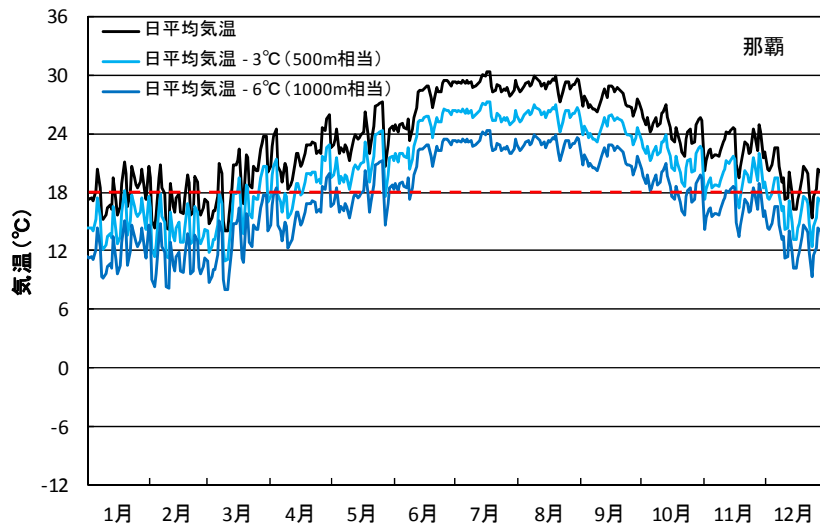


図 4. 4. 2 (e) 那覇における気温の年間推移(日平均気温・日平均気温-3°C・日平均気温-6°C)

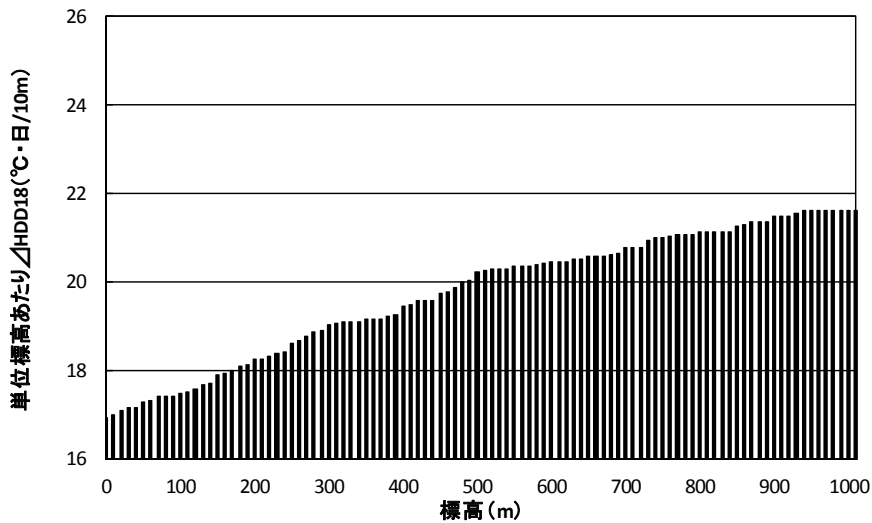


図 4. 4. 2 (f) 札幌における標高と単位標高(10m)あたりの $\Delta$ HDD18の関係

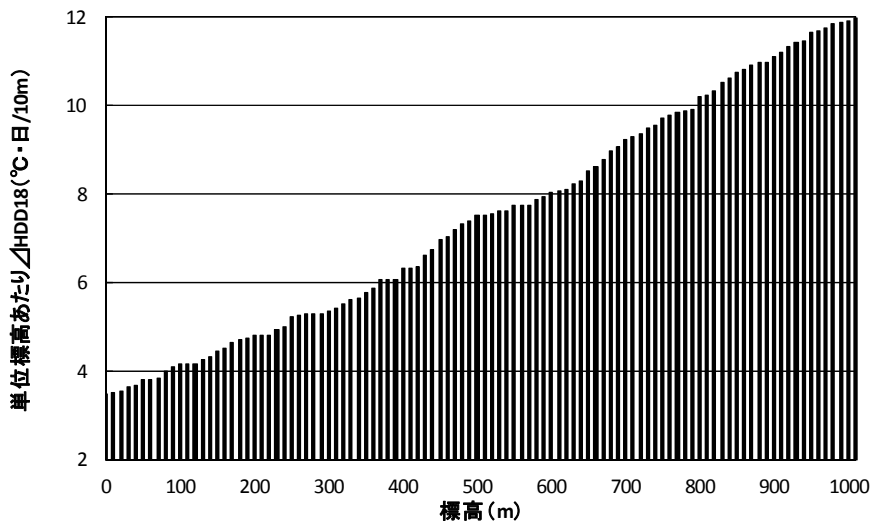


図 4. 4. 2 (g) 那覇における標高と単位標高(10m)あたりの $\Delta$ HDD18の関係

ここまでの検証から、標高と $\Delta$ HDD18の関係には以下に示す3つの特徴があることが分かった。よって、これらに対応して任意地点標高による HDD18 の推定を行わなければならない。

<標高と $\Delta$ HDD18の関係における特徴>

1. 高所になるに従って単位標高あたりの $\Delta$ HDD18は大きくなる。
2. 高緯度地域になるに従って $\Delta$ HDD18は大きくなる。
3. 低緯度地域になるに従って1.の特徴が大きくなる。

1.の特徴への対応として、標高を用いた関数により $\Delta$ HDD18を算定する算定式の作成を行う。ここで、図4.4.2(b)に示す東京における標高と $\Delta$ HDD18の関係に着目する。これらには比例の関係が存在しないことは前述の通りである。しかし、2次の近似曲線を宛がうことで、これらに2次関数の関係をみることができた。この傾向は東京のみでなく、低緯度の那覇から高緯度の札幌において複数の地点で確認を行った結果、すべての地点でみられた。よって、1.の特徴へ対応した標高による $\Delta$ HDD18の算定は式4.4.2(c)により行うことができる。さらに、式4.4.2(d)、式4.4.2(e)に示すように式4.4.2(c)で算定される $\Delta$ HDD18を1次細分区域毎の基準値として整理した $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ に加えることで、任意地点における HDD18 の推定が可能である。なお、標高と $\Delta$ HDD18の関係において理論的に原点を通る2次の近似曲線となることから原点を拘束する。

$$\Delta\text{HDD18} = a h^2 + b h \quad (4.4.2(c))$$

$$\text{HDD18}_{\text{est}} = \overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}} + \Delta\text{HDD18} \quad (4.4.2(d))$$

$$= \overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}} + a h^2 + b h \quad (4.4.2(e))$$

[記号]

$\Delta$ HDD18 : 標高に応じて HDD18<sub>0m</sub> から増加する HDD18 の増加量 [°C・日]

a : 係数 [°C・日/m<sup>2</sup>]

b : 係数 [°C・日/m]

h : 標高 [m]

HDD18<sub>est</sub> : 暖房度日(HDD18)の推定値 [°C・日]

$\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$  : 1次細分区域毎の海拔 0m における暖房度日(HDD18<sub>0m</sub>)の平均値 [°C・日]

次に 2.の特徴及び 3.の特徴への対応について述べる。これら二つの特徴はともに地域による特性を表している。つまり、これらの特徴への対応方法としては地域毎に推定式を作成すればよい。本推定法においては、HDD18<sub>0m</sub>が同程度の地域の分類を1次細分区域により行っている。そこで、この分類を活用して各1次細分区域に対してHDD18の推定式を作成することとする。式4.4.2(e)を各1次細分区域で整備することにより、日本全国の任意地点においてHDD18を推定する。

図4.4.2(h)に1次細分区域毎の標高と $\Delta$ HDD18の関係について、1次細分区域である北海道宗谷地方、東京都東京地方、奈良県北部、高知県中部、鹿児島県薩摩地方、沖縄県本島北部の6区域を例示する。ここで、図に示す $\Delta$ HDD18は式4.4.2(a)を用いて1m毎に各標高を想定して算定される気温により求められるHDD18の1次細分区域毎の平均値からそれぞれの $\overline{\text{HDD18}}_{0m}$ を差し引いた値とする。図では横軸に示す標高までの $\Delta$ HDD18を表している。また、図にはこのようにして算定された $\Delta$ HDD18のプロットに対する2次の近似曲線を示すとともに、さらに各1次細分区域に存在するアメダス地点における標高と $\Delta$ HDD18の関係を表すプロットについても青の菱形で表示する。

図に示すすべての1次細分区域について比較的精度の高い2次関数の関係をみることができる。これら図からも式4.4.2(e)による任意地点の標高を考慮したHDD18の推定が適切であることがうかがえる。加えて、上記した標高と $\Delta$ HDD18の関係における特徴についても改めて確認することができる。1.の特徴を鹿児島県薩摩地方で検証する。低所の100mから200mまでの100m間の $\Delta$ HDD18が約 $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ であるのに対し、高所の500mから600mまでの100m間では約 $140^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ と約 $20^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ 大きくなっている。これは1.の特徴に合致する結果となった。続いて2.及び3.の特徴についても検証する。標高500mの場合、 $\Delta$ HDD18は沖縄県本島北部では約 $380^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ であるのに対して北海道宗谷地方では約 $1030^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ となっており、約 $650^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 北海道宗谷地方が大きくなっていることが確認できる。低緯度の沖縄県本島北部から高緯度の北海道宗谷地方へ向かって同一標高による $\Delta$ HDD18が大きくなっていることが分かった。さらに単位標高あたりの $\Delta$ HDD18が低所から高所へ向かって増加する1.の特徴についても、沖縄県本島北部では100mから200mまでの100m間の $\Delta$ HDD18が約 $70^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ 、500mから600mまでの100m間の $\Delta$ HDD18が約 $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ と低所から高所へ約 $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ 増加するのに対して、北海道宗谷地方では100mから200mまでの100m間の $\Delta$ HDD18が約 $200^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ 、500mから600mまでの100m間の $\Delta$ HDD18が約 $210^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ と低所から高所へ約 $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}/100\text{m}$ 増加することが確認できるため、低緯度地域が大きくなることがみてとれる。これより、2.及び3.の特徴についても合致する結果となった。よって、上記する標高と $\Delta$ HDD18の関係における特徴の整合性が確認でき、 $\Delta$ HDD18については1次細分区域毎に標高による2次関数で算定することが妥当であると判断する。なお、図中にも一部示す式4.4.2(e)による本推定法において任意地点におけるHDD18を推定する際必要となる $\overline{\text{HDD18}}_{0m}$ 、係数a、bは1次細分区域毎に整理し、表4.4.2(a)から表4.4.2(d)にまとめる。

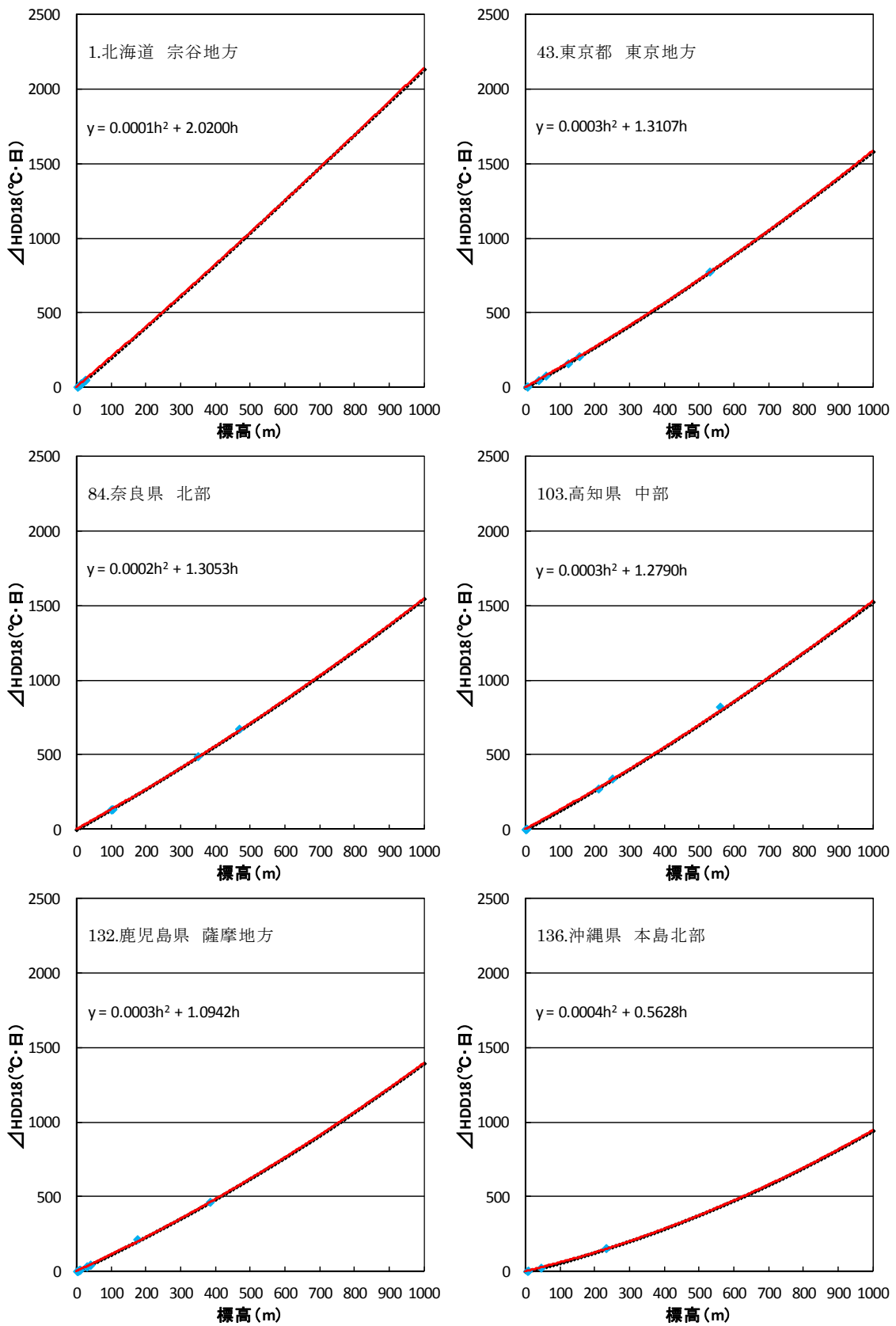


図 4.4.2 (h) 標高と  $\Delta\text{HDD18}$  の関係

表 4. 4. 2(a) 1次細分区域毎の高度補正を利用した HDD18 の推定法で必要となる係数と HDD18 が下記基準値以上となるときの高標高(その1)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	HDD18 <sub>0m</sub>	a	b	HDD18が下記基準値以上となるときの高標高h(m)												
						500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500		
北海道	宗谷地方	11	4425	0.0001	2.0200											37	281	519
北海道	上川地方	22	4308	0.0002	1.8214											105	366	614
北海道	留萌地方	9	4050	0.0002	1.8733											235	483	719
北海道	石狩地方	9	3874	0.0002	1.8289									69	331	580	817	
北海道	空知地方	10	4122	0.0002	1.8009											206	464	710
北海道	後志地方	11	3754	0.0002	1.7879											400	650	889
北海道	紋別地方	9	4353	0.0001	1.9829											74	321	563
北海道	網走地方	8	4375	0.0001	1.9941											63	309	550
北海道	北見地方	3	4340	0.0002	1.8920											84	337	578
北海道	根室地方	8	4444	0.0001	2.1274											27	259	486
北海道	釧路地方	11	4445	0.0001	2.0777											27	264	496
北海道	十勝地方	18	4275	0.0001	1.9651											114	363	605
北海道	胆振地方	11	3913	0.0002	1.8676									47	305	550	784	
北海道	日高地方	8	3956	0.0002	1.8970									24	279	522	754	
北海道	渡島地方	8	3565	0.0002	1.7950									236	494	739	973	
北海道	檜山地方	6	3496	0.0002	1.7621									3	278	538	785	
青森県	下北	4	3254	0.0002	1.7936									136	399	649	887	
青森県	津軽	11	3140	0.0002	1.6745									210	486	746	994	
青森県	八戸	7	3189	0.0002	1.7295									177	446	702	944	
秋田県	沿岸	12	2880	0.0002	1.5809								76	375	655	919	1169	
秋田県	内陸	12	3138	0.0003	1.5595									223	504	762	1002	
岩手県	内陸	20	3078	0.0002	1.6166									253	535	801	1052	
岩手県	沿岸北部	10	3054	0.0002	1.7188									252	519	772	1013	
岩手県	沿岸南部	3	2873	0.0002	1.6991									75	355	619	869	
宮城県	東部	12	2716	0.0002	1.6733									167	445	708	957	
宮城県	西部	6	2719	0.0002	1.6462									168	450	716	968	
山形県	庄内	5	2563	0.0003	1.5075									275	560	820	1061	
山形県	最上	5	3007	0.0002	1.5602									305	592	862	1118	
山形県	村山	5	2859	0.0002	1.5329									91	398	684	953	
山形県	置賜	5	2759	0.0002	1.5226									155	459	743	1010	
福島県	中通り	12	2429	0.0002	1.4695								49	371	669	948	1211	
福島県	会津	10	2607	0.0002	1.4516									262	571	859	1129	
福島県	浜通り	7	2403	0.0002	1.5808									61	362	642	907	
茨城県	北部	6	2238	0.0002	1.5099									171	476	760	1028	
茨城県	南部	8	2053	0.0003	1.4141									298	595	865	1114	
栃木県	北部	8	2202	0.0003	1.4211									201	508	784	1038	

表 4. 4. 2 (b) 1 次細分区域毎の高度補正を利用した HDD18 の推定法で必要となる係数と HDD18 が下記基準値以上となるときの高さ (その 2)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	HDD18 <sub>0m</sub>	a	b	HDD18が下記基準値以上となるときの高さh(m)										
						500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
栃木県	南部	6	2200	0.0002	1.4259					205	523	818	1095	1356	1604	1840
群馬県	北部	6	2207	0.0002	1.3737					207	536	839	1122	1389	1641	1882
群馬県	南部	7	2020	0.0003	1.3331					336	643	920	1175	1412	1635	1845
埼玉県	北部	4	2028	0.0003	1.3703					322	625	898	1150	1385	1605	1814
埼玉県	秩父地方	1	2099	0.0003	1.3188					286	601	885	1144	1385	1610	1823
埼玉県	南部	3	1951	0.0003	1.3015				38	388	695	973	1228	1465	1687	1898
東京都	東京地方	7	1805	0.0003	1.3107				145	479	775	1045	1293	1525	1743	1950
東京都	伊豆諸島北部	2	1270	0.0003	1.2869		172	508	805	1075	1325	1557	1776	1983	2180	
東京都	伊豆諸島南部	2	875	0.0003	1.0568		115	516	857	1158	1431	1682	1916	2136		
東京都	小笠原諸島	1	56	0.0005	0.2161	752	1176	1498	1768	2006						
千葉県	千葉県	4	1768	0.0003	1.3952				161	477	760	1019	1260	1485	1698	1900
千葉県	北西部	5	1892	0.0003	1.3544				79	412	708	977	1225	1457	1675	1881
千葉県	南部	5	1685	0.0003	1.3243				227	548	836	1098	1341	1569	1784	1987
神奈川県	東部	4	1661	0.0003	1.3288				242	561	846	1108	1350	1576	1790	1993
神奈川県	西部	1	1693	0.0003	1.3128				223	547	836	1100	1345	1573	1789	1993
長野県	北部	7	2340	0.0002	1.3574					116	456	768	1058	1331	1588	1833
長野県	中部	12	2070	0.0002	1.3009					316	651	959	1246	1516	1771	2014
長野県	南部	10	1984	0.0002	1.3183			13	371	698	999	1281	1547	1798	2038	
山梨県	中・西部	6	1777	0.0003	1.2228				175	524	831	1108	1363	1600	1822	2032
山梨県	東部・富士五	4	1858	0.0002	1.2920				109	464	788	1088	1369	1633	1884	2122
静岡県	東部	3	1638	0.0002	1.3090				266	603	913	1202	1473	1730	1974	2207
静岡県	伊豆	4	1380	0.0003	1.2351		96	453	765	1047	1304	1544	1768	1980	2181	
静岡県	中部	5	1527	0.0003	1.2476				351	672	960	1223	1466	1694	1909	2113
静岡県	西部	5	1604	0.0003	1.2299				301	632	927	1195	1442	1673	1891	2097
愛知県	西部	6	1855	0.0003	1.2740				111	457	762	1038	1292	1527	1749	1959
愛知県	東部	5	1766	0.0002	1.2875				177	527	848	1144	1422	1684	1933	2170
岐阜県	飛騨地方	10	2233	0.0002	1.3750					190	519	824	1108	1375	1628	1869
岐阜県	美濃地方	13	1981	0.0002	1.3244			15	371	697	997	1278	1543	1794	2033	
三重県	北中部	6	1832	0.0002	1.2925				128	481	804	1103	1382	1646	1896	2134
三重県	南部	6	1591	0.0003	1.2704				301	624	913	1176	1420	1649	1864	2068
三重県	下越	8	2437	0.0003	1.4445					44	363	649	910	1153	1380	1594
新潟県	佐渡	4	2262	0.0002	1.5012					156	464	750	1020	1275	1518	1750
新潟県	中越	9	2474	0.0003	1.3613					20	359	659	931	1181	1415	1635
新潟県	上越	6	2291	0.0003	1.4099					145	459	741	1000	1240	1465	1678
富山県	西部	5	2263	0.0002	1.4226					164	486	784	1063	1326	1576	1814
富山県	東部	4	2219	0.0003	1.3765					196	511	794	1053	1293	1518	1731

表 4. 4. 2(c) 1次細分区域毎の高度補正を利用した HDD18 の推定法で必要となる係数と HDD18 が下記基準値以上となるときの高標高(その3)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	HDD18 <sub>0m</sub>	a	b	HDD18が下記基準値以上となるときの高標高h(m)										
						500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
石川県	能登	5	2252	0.0002	1.4624					167	481	773	1047	1305	1551	1786
石川県	加賀	5	2185	0.0002	1.4298					214	531	825	1101	1361	1608	1844
福井県	嶺北	6	2056	0.0003	1.3507					308	615	893	1148	1384	1607	1817
福井県	嶺南	3	1951	0.0002	1.3695				36	380	696	989	1264	1523	1770	2005
滋賀県	北部	4	2020	0.0002	1.3569					337	659	956	1235	1498	1747	1985
滋賀県	南部	4	2042	0.0002	1.3458					325	650	950	1231	1495	1746	1985
京都府	北部	5	2024	0.0002	1.4067					324	637	928	1200	1458	1704	1938
京都府	南部	3	1940	0.0002	1.3341				45	397	718	1015	1294	1556	1806	2043
大阪府	大阪府	7	1763	0.0002	1.2725				182	535	857	1156	1435	1698	1948	2186
兵庫県	北部	5	2072	0.0002	1.3895					296	614	909	1186	1447	1695	1931
兵庫県	南部	14	1859	0.0002	1.3105				107	458	779	1076	1355	1617	1866	2104
奈良県	北部	4	1937	0.0002	1.3053				48	406	732	1034	1316	1581	1833	2072
奈良県	南部	2	1800	0.0002	1.3247				148	492	808	1101	1376	1635	1882	2117
和歌山県	北部	6	1721	0.0003	1.2552				212	549	848	1119	1369	1602	1821	2028
和歌山県	南部	5	1454	0.0003	1.2291			38	405	724	1010	1271	1513	1740	1954	2157
岡山県	北部	7	2140	0.0002	1.4039					248	567	863	1140	1402	1650	1887
岡山県	南部	8	1957	0.0002	1.3163				33	390	716	1016	1297	1562	1813	2053
広島県	北部	5	2162	0.0002	1.3663					240	567	870	1152	1418	1670	1910
広島県	南部	13	1868	0.0002	1.3084				100	452	774	1072	1351	1614	1863	2101
島根県	隠岐	2	1965	0.0003	1.3959				25	356	651	919	1166	1397	1615	1821
島根県	東部	6	2006	0.0003	1.3648					338	639	912	1164	1398	1619	1827
島根県	西部	8	1943	0.0002	1.3615				42	388	704	998	1274	1534	1781	2016
鳥取県	西部	5	1952	0.0003	1.3682				36	371	669	939	1188	1421	1639	1847
鳥取県	東部	4	2044	0.0003	1.3927					308	608	880	1130	1364	1583	1791
徳島県	北部	4	1739	0.0003	1.2647				198	535	833	1104	1354	1587	1806	2013
徳島県	南部	4	1540	0.0003	1.2622				338	658	945	1207	1450	1677	1892	2095
香川県	香川県	6	1729	0.0003	1.2643				205	541	839	1110	1359	1592	1811	2018
愛媛県	東予	5	1631	0.0003	1.2554				276	605	898	1165	1412	1642	1859	2064
愛媛県	中予	2	1651	0.0003	1.2219				269	606	904	1175	1425	1658	1877	2084
愛媛県	南予	7	1553	0.0002	1.2642				337	677	990	1281	1554	1813	2058	-
高知県	中部	5	1629	0.0003	1.2790				273	598	888	1152	1397	1626	1841	2046
高知県	東部	2	1189	0.0003	1.1414				613	925	1206	1463	1702	1927	2138	-
高知県	西部	8	1510	0.0003	1.2034				373	701	993	1259	1505	1735	1952	2157
山口県	北部	5	1776	0.0003	1.3229				164	493	786	1053	1299	1530	1746	1952
山口県	中部	4	1863	0.0002	1.2973				105	459	783	1082	1362	1626	1876	2115
山口県	西部	2	1760	0.0002	1.3202				178	520	834	1126	1400	1659	1905	2140

表 4. 4. 2 (d) 1 次細分区域毎の高度補正を利用した HDD18 の推定法で必要となる係数と HDD18 が下記基準値以上となるときの高さ (その 4)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	HDD18 <sub>0m</sub>	a	b	HDD18が下記基準値以上となるときの高さh(m)										
						500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
山口県	東部	4	1817	0.0002	1.3136				137	485	803	1098	1375	1636	1884	2120
福岡県	北九州地方	2	1702	0.0002	1.2948				223	567	883	1176	1451	1710	1957	2192
福岡県	筑豊地方	2	1694	0.0003	1.2263				236	577	877	1150	1401	1635	1855	2063
福岡県	福岡地方	4	1637	0.0003	1.2544				272	602	895	1163	1409	1640	1857	2063
福岡県	筑後地方	4	1676	0.0002	1.2538				249	600	921	1218	1497	1759	2008	-
大分県	北部	4	1731	0.0003	1.2764				202	536	832	1102	1350	1582	1800	2007
大分県	西部	4	1724	0.0002	1.2546				213	568	891	1190	1470	1734	1984	2223
大分県	中部	2	1687	0.0003	1.2727				233	564	858	1126	1373	1604	1822	2028
大分県	南部	4	1589	0.0002	1.2669				310	653	967	1259	1533	1792	2038	-
長崎県	杵岐・対馬	3	1665	0.0003	1.3050				243	567	855	1119	1363	1591	1806	2010
長崎県	北部	3	1457	0.0003	1.2061			36	410	732	1021	1285	1529	1757	1972	2176
長崎県	南部	6	1352	0.0003	1.1530			125	498	821	1110	1373	1617	1845	2060	-
長崎県	五島	2	1387	0.0003	1.2055			92	457	775	1059	1320	1561	1788	2001	-
佐賀県	北部	2	1665	0.0003	1.2423				255	589	886	1156	1404	1637	1855	2062
佐賀県	南部	3	1682	0.0003	1.2324				244	582	881	1153	1403	1636	1855	2063
熊本県	熊本地方	7	1603	0.0003	1.1721				314	656	958	1231	1483	1718	1938	2147
熊本県	阿蘇地方	4	1666	0.0003	1.1874				265	610	914	1189	1442	1677	1898	2108
熊本県	球磨地方	2	1686	0.0002	1.2090				250	612	941	1245	1528	1795	2048	-
熊本県	天草・芦北地	4	1419	0.0003	1.1089			72	466	802	1099	1370	1619	1852	2071	-
宮崎県	北部山沿い	4	1587	0.0003	1.2220				314	645	940	1208	1455	1686	1904	2110
宮崎県	北部平野部	5	1365	0.0003	1.1419			115	493	818	1109	1374	1619	1848	2064	-
宮崎県	南部平野部	4	1168	0.0003	1.1045			280	642	957	1241	1500	1741	1967	2180	-
宮崎県	南部山沿い	3	1394	0.0003	1.0957				94	488	824	1122	1392	1641	1874	2093
鹿児島県	薩摩地方	12	1252	0.0003	1.0942				215	589	913	1202	1466	1710	1939	2154
鹿児島県	大隅地方	6	1223	0.0003	1.1330				231	593	909	1193	1452	1693	1919	2132
鹿児島県	種子島・屋久	4	627	0.0003	0.8785			377	785	1129	1433	1707	1960	2195	-	-
鹿児島県	奄美地方	4	245	0.0003	0.6432			343	844	1238	1574	1873	2143	-	-	-
沖縄県	本島北部	4	194	0.0004	0.5628			420	881	1236	1535	1799	2038	-	-	-
沖縄県	本島中南部	3	129	0.0004	0.5064			520	973	1324	1621	1883	2120	-	-	-
沖縄県	久米島	1	185	0.0003	0.4931			492	1020	1428	1772	2075	-	-	-	-
沖縄県	大東島地方	1	54	0.0005	0.2923			697	1114	1434	1703	1939	2153	-	-	-
沖縄県	宮古島地方	3	43	0.0005	0.2383			748	1166	1486	1755	1992	2206	-	-	-
沖縄県	与那国島地方	1	63	0.0004	0.2016			824	1300	1661	1963	2230	-	-	-	-
沖縄県	石垣島地方	5	50	0.0005	0.2053			766	1189	1510	1781	2018	-	-	-	-



#### 4-4-3. 暖房度日推定法の比較検討

前節までに、図 4.2 に示すフローに従って行う高度補正を利用した HDD18 の推定法を確立した。本推定法では、表 4.4.2(a)から表 4.4.2(d)にまとめられた $\overline{\text{HDD18}}_{0\text{m}}$ 、係数 a、b を式 4.4.2(e)に適用することで任意地点において HDD18 を推定できる。さらに、 $\text{HDD18}_{\text{est}}$  に区分範囲を定め、任意地点における 1 次細分区域と標高の情報が得られれば、いかなる地点でも地域を区分することが可能となる。表 4.4.2(a)から表 4.4.2(d)では、表右部に「HDD18 が下記基準値以上となるときの標高 h(m)」を併せて表記している。これは、4-2 節で示した新たな地域区分における第 2 段階で必要となる推定される HDD18 の区分範囲として定めた  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  間隔に対応し、1 次細分区域毎にその HDD18 となるときの標高を表したものである。これを用いることで地域区分を簡便に行えるよう工夫している。

ここで、このように有用な地域区分法として期待できる高度補正を利用した HDD18 の推定法の精度について検証する。前節で示す海拔 0m における地域を分類するための地域単位として 1 次細分区域を用いた推定と同様の過程で、1 次細分区域に代わり都道府県を地域単位として推定した  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  と HDD18 との相関を図 4.4.3(a)に、1 次細分区域を地域単位として式 4.4.2(e)によって推定した  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  と HDD18 との相関を図 4.4.3(b)に示す。なお、都道府県を地域単位とした場合、推定式作成等の過程は 1 次細分区域を地域単位とした場合と同様であるため、本論ではこれについて割愛する。これら図よりどちらにおいても比較的高い推定精度にあることが分かる。しかし、都道府県を地域単位とした場合、HDD18 が  $1000^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  以下のプロットにおいて大きなズレがみられる。これは、南西諸島等について一つの推定式に頼らざるを得ない状況が原因として挙げられる。この点は日本全国での安定した推定精度確保のためには大きな問題となる。よって、推定精度の比較からも地域単位として 1 次細分区域を用いるべきことが判断できる。

図 4.4.3(c)には 4-3 節で試みた回帰分析による推定法との残差比較を示す。高度補正を利用した HDD18 の推定法については、海拔 0m における地域を分類するための地域単位として、都道府県を用いた場合及び 1 次細分区域を用いた場合の両者について示す。図から、本節で示す推定法による残差が最小となることが確認できた。また、図 4.4.3(d)に示す高度補正を利用した HDD18 の推定法(地域単位を都道府県とする。)による  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  の日本全国の分布と図 4.4.3(e)に示す残差の分布、図 4.4.3(f)に示す高度補正を利用した HDD18 の推定法(地域単位を 1 次細分区域とする。)による  $\text{HDD18}_{\text{est}}$  の日本全国の分布と図 4.4.3(g)に示す残差の分布から推定精度を検証すると、残差が日本全国で比較的抑えられた 1 次細分区域を地域単位として高度補正を利用した HDD18 の推定法の有用性がうかがえる。

ここまでに示した高度補正を利用した HDD18 の推定法の推定精度及び住宅の暖房負荷と HDD18 の相関がそれぞれ高いことを踏まえると、本節に示す新たな地域区分法は緯度、標高等による気候状態への影響を考慮した適切な地域区分であると言える。また、地域区分を行いたい任意地点における 1 次細分区域と標高の情報のみで地域を区分することが可能であるため、地域区分に求められる簡便性も備えた方法と言える。

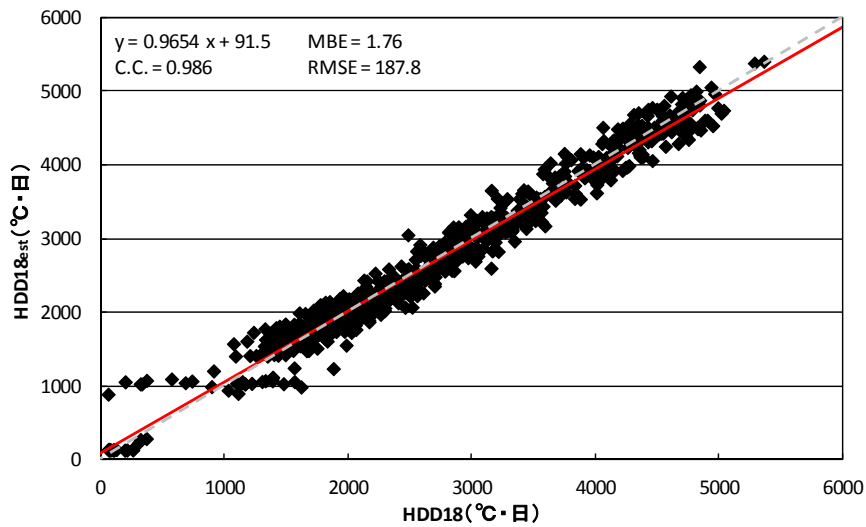


図 4.4.3(a) HDD18 と高度補正を利用した推定法(都道府県)による HDD18<sub>est</sub> の相関図

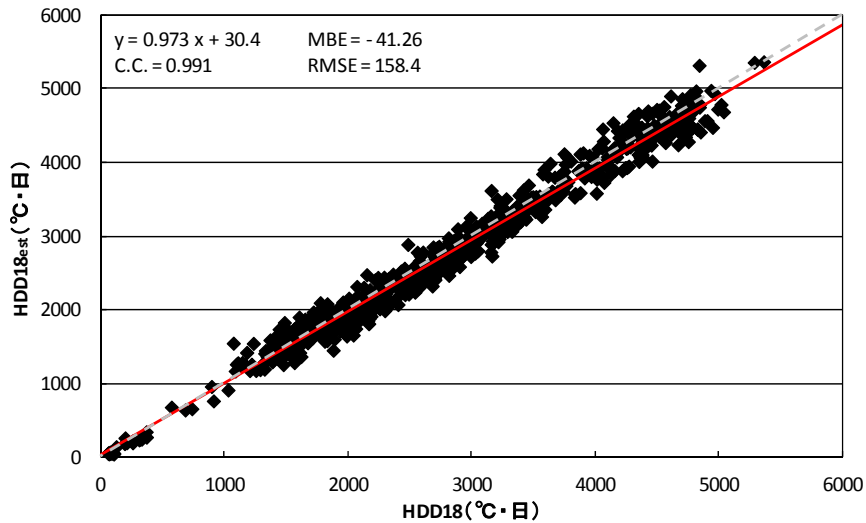


図 4.4.3(b) HDD18 と高度補正を利用した推定法(1次細分区域)による HDD18<sub>est</sub> の相関図

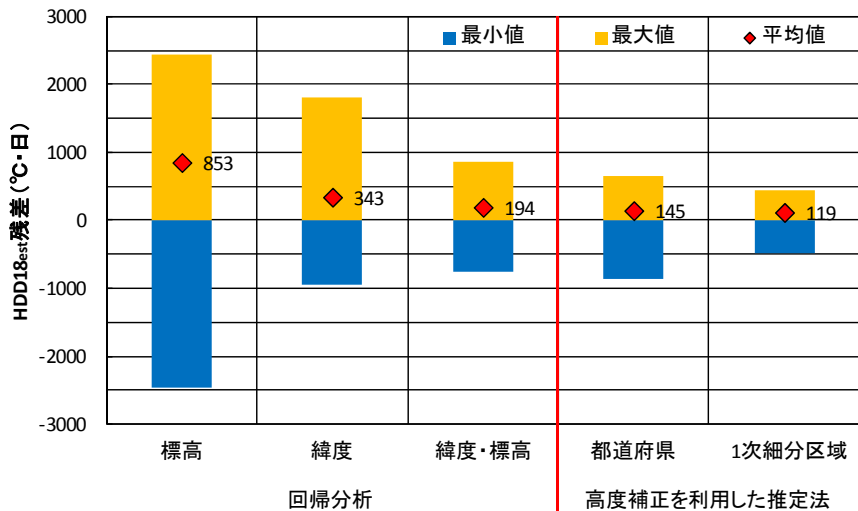


図 4.4.3(c) HDD18 の推定法別 HDD18<sub>est</sub> 残差

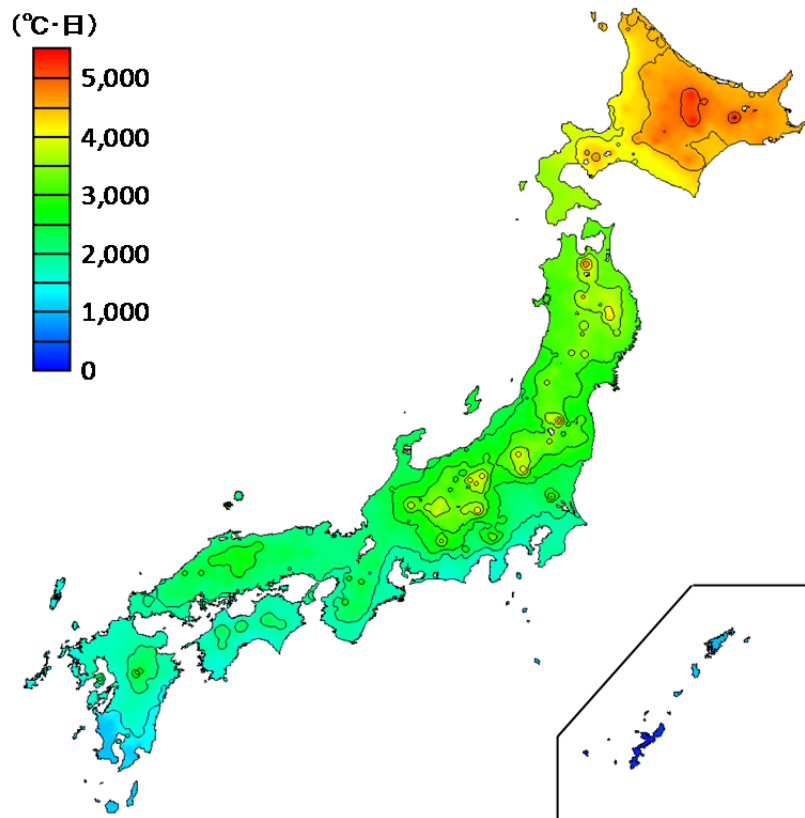


図 4. 4. 3 (d) 高度補正を利用した推定法(都道府県)による HDD18<sub>est</sub> の分布

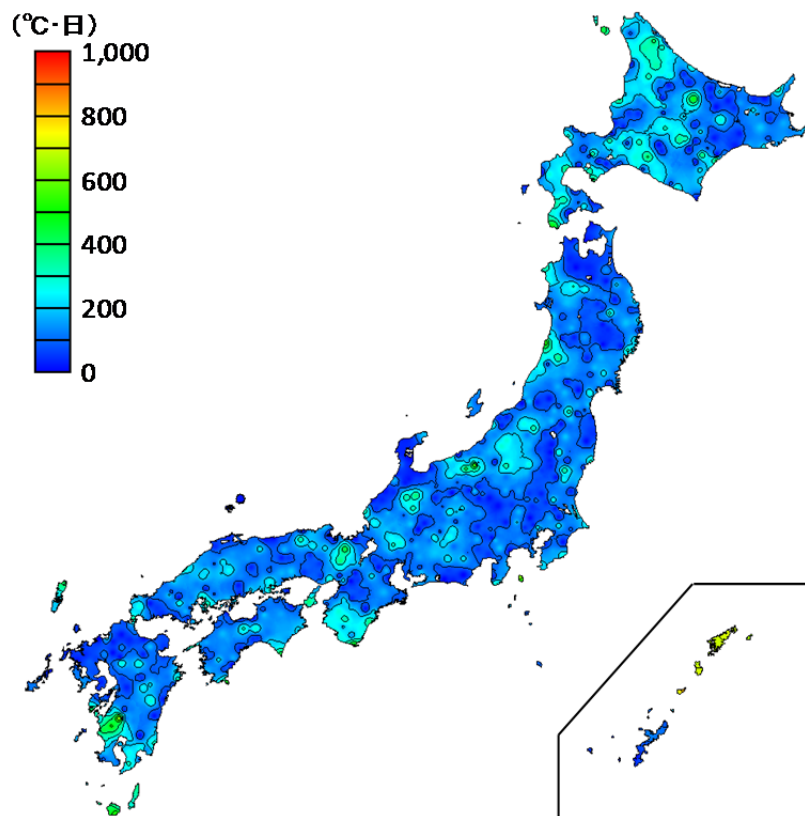


図 4. 4. 3 (e) 高度補正を利用した推定法(都道府県)の残差分布

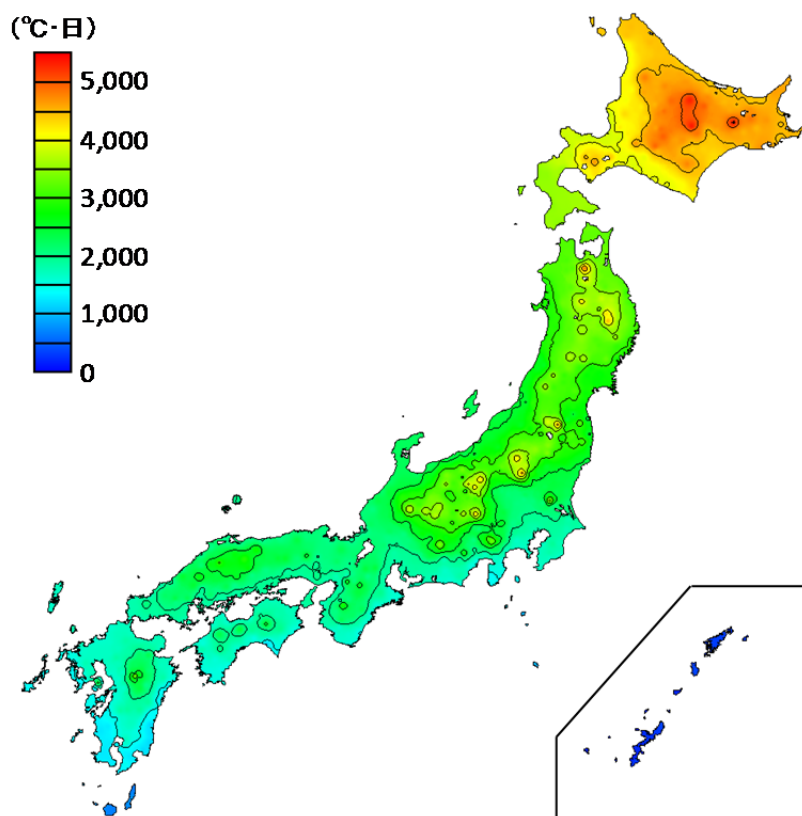


図 4. 4. 3 (f) 高度補正を利用した推定法(1次細分区域)による HDD18<sub>est</sub> の分布

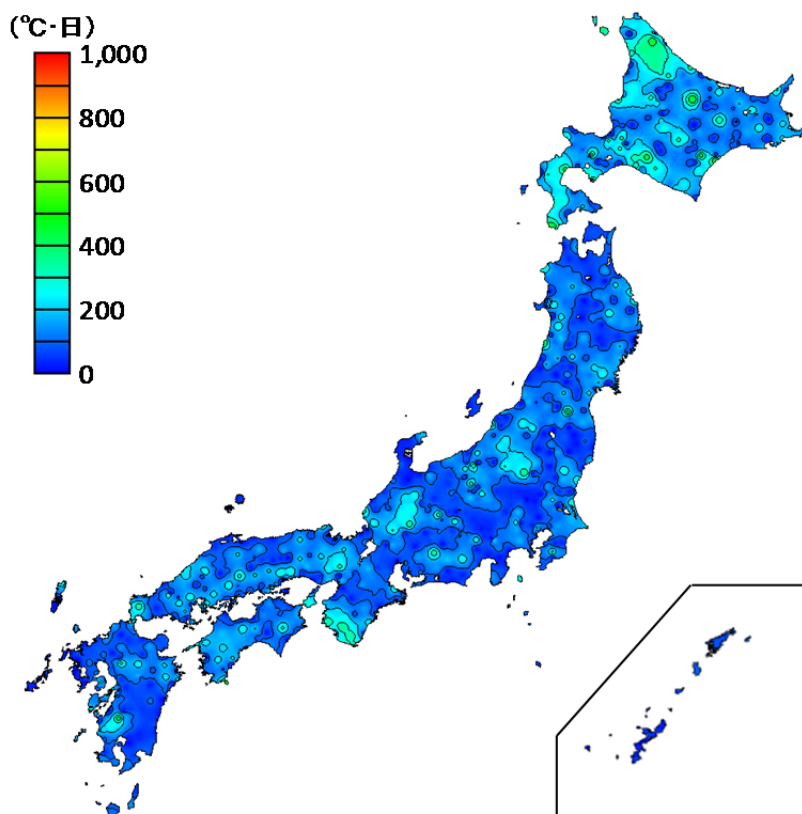


図 4. 4. 3 (g) 高度補正を利用した推定法(1次細分区域)の残差分布

4-5. 標高を考慮した地域区分法の適用例

本節では、高度補正を利用した HDD18 の推定法による推定を実際の地域に適用し、新たな地域区分法の効果について考察する。適用地域については図 4.5(a)に示す北海道中頓別町、東京都、奈良県生駒市、高知県南国市、鹿児島県霧島市、沖縄県名護市の 6 都市を対象とする。北海道中頓別町は高緯度地域での適用について、東京都は 1 次細分区域が 1 地域で表される都市であるため広域での適用について、奈良県生駒市は山間部を含む地域での適用について、高知県南国市は太平洋側での適用について、鹿児島県霧島市は市町村合併により広域化した市かつ山間部を含む地域での適用について、沖縄県名護市は低緯度地域での適用についてそれぞれ考察する。それぞれの地域における 1 次細分区域は、図 4.4.2(h)で示す区域であり、式 4.4.2(e)に表 4.4.2(a)から表 4.4.2(d)にまとめられた  $\overline{\text{HDD18}}_{0m}$ 、係数 a、b を適用して HDD18 を推定する。

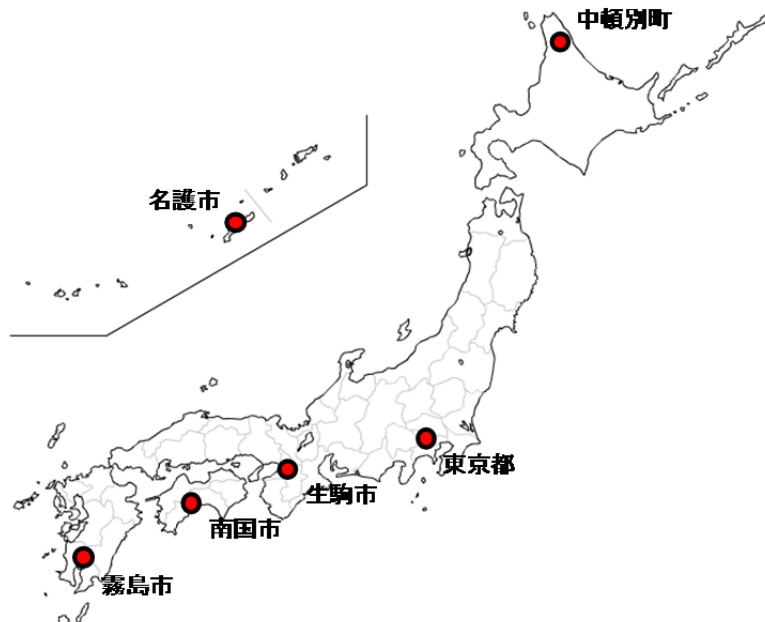


図 4.5(a) 高度補正を利用した HDD18 の推定法の適用地域

表 4.5 地域区分における HDD18 範囲と Color Scale

住宅の省エネルギー基準 における地域区分	住宅事業建築主 の判断基準 における地域区分	HDD18	Color Scale
I 地域	I <sub>a</sub> 地域	4500°C・日以上	Blue
	I <sub>b</sub> 地域	3500°C・日～4500°C・日	Light Blue
II 地域	II 地域	3000°C・日～3500°C・日	Green
III 地域	III 地域	2500°C・日～3000°C・日	Yellow
IV 地域	IV <sub>a</sub> 地域	2000°C・日～2500°C・日	Orange
	IV <sub>b</sub> 地域	1500°C・日～2000°C・日	Light Orange
V 地域	V 地域	500°C・日～1500°C・日	Pink
VI 地域	VI 地域	500°C・日未満	Red

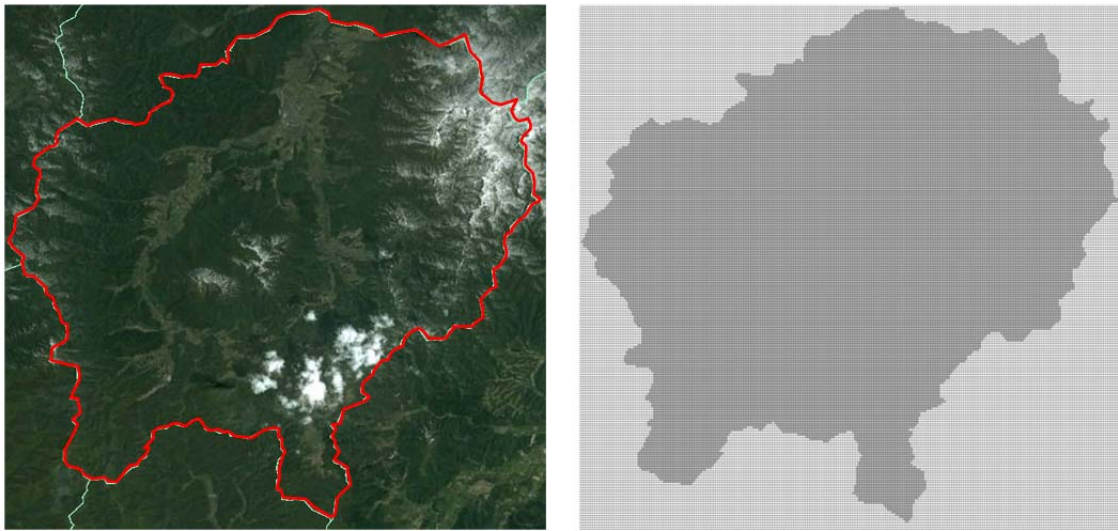


図 4.5(b) 北海道中頓別町の航空写真と緯度経度 100m グリッド模式図

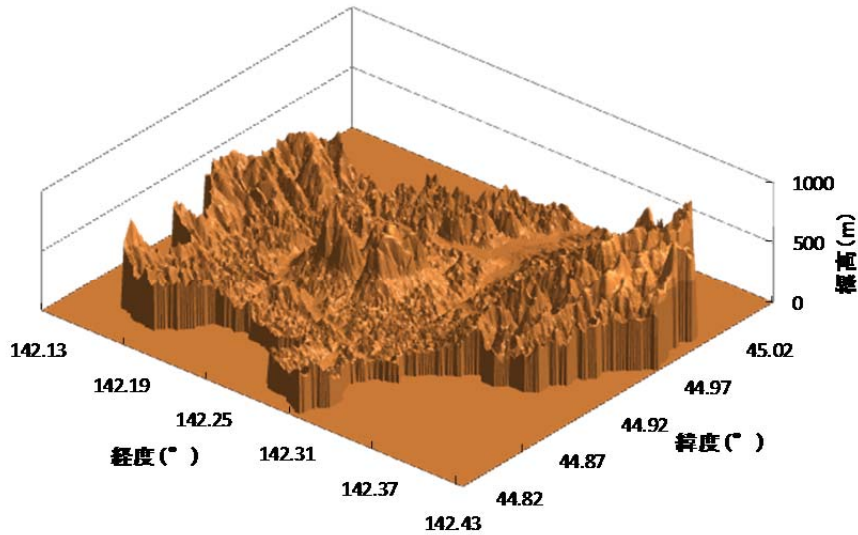


図 4.5(c) 北海道中頓別町の標高

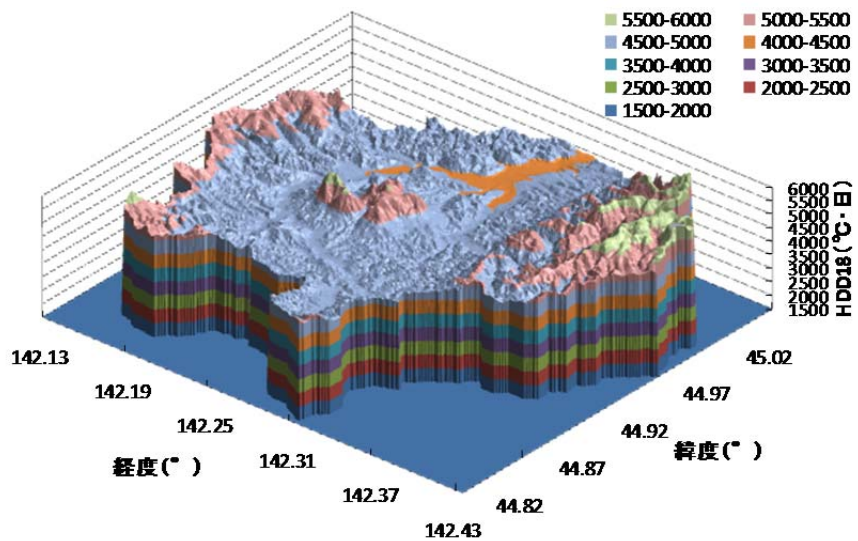


図 4.5(d) 北海道中頓別町の HDD18<sub>est</sub>



図 4.5(e) 北海道中頓別町の HDD18<sub>est</sub> による地域区分

高度補正を利用した HDD18 の推定法の高緯度地域への適用について北海道中頓別町を対象として検証する。図 4.5(b)に対象とする都市の Google Earth[8]による航空写真と緯度経度方向 100m のグリッドで表した模式図を示す。また、図 4.5(c)には各グリッドの標高を表す。このとき、各グリッドの標高データについては国土地理院より提供される基盤地図情報の 10m メッシュデータ[9]を用いて算定した面平均標高である。このように非常に高い空間密度で標高データを整備することができるため、この標高データを推定式へ代入して HDD18 を推定する。推定される HDD18<sub>est</sub> について図 4.5(d)に表す。さらに、表 4.5 の区分範囲に従って推定される HDD18<sub>est</sub> を区分した図を図 4.5(e)に表す。なお、区分範囲については細分化された住宅事業建築主の判断基準における地域区分を参照した。ここまで示した北海道中頓別町での高度補正を利用した HDD18 の推定法に関する詳細な状況を表す図 4.5(b)から図 4.5(e)の内容については、同様に図 4.5(f)から図 4.5(y)でその他 5 都市についても表す。

中頓別町は、現在 I<sub>a</sub> 地域に区分される都市である。図 4.5(e)で示すように中頓別町のほぼ全域が HDD18<sub>est</sub> による区分でも I<sub>a</sub> 地域となる。中頓別町のような高緯度地域では、4500℃・日を大きく上回る地域が存在し、4500℃・日を上回る地域にそれ以上区分が用意されていない現在の地域区分では HDD18 に大きな差が生じる場合もすべて I<sub>a</sub> 地域となる。しかし一方で、HDD18<sub>est</sub> による区分では一部 I<sub>b</sub> 地域に区分される地域がみられる。航空写真よりこの一部地域を確認すると標高が比較的低い都市部となっていることが分かる。山間部を中心としたほぼ町内すべてが I<sub>a</sub> 地域に区分されるが、住宅の建設地として主に対象となるような平野に広がる都市部での地域に差が生じていることが確認できた。これらの検証より、一つの市区町村においても複数の地域区分の設定が必要と考えられる。



図 4.5 (f) 東京都の航空写真と緯度経度 100m グリッド模式図

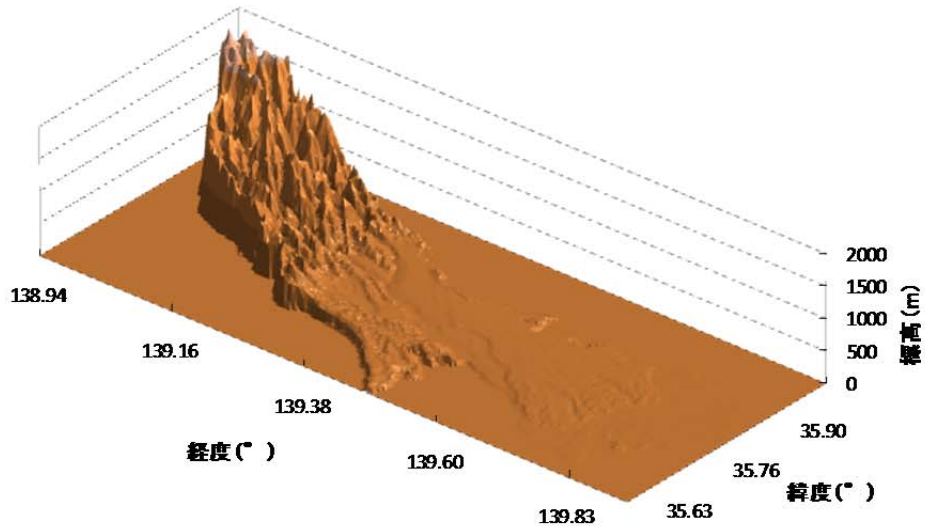


図 4.5 (g) 東京都の標高

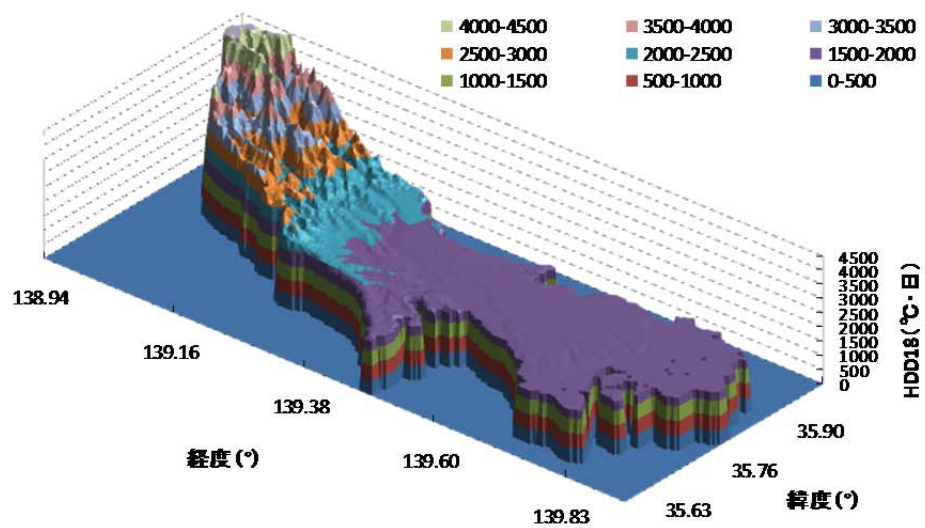
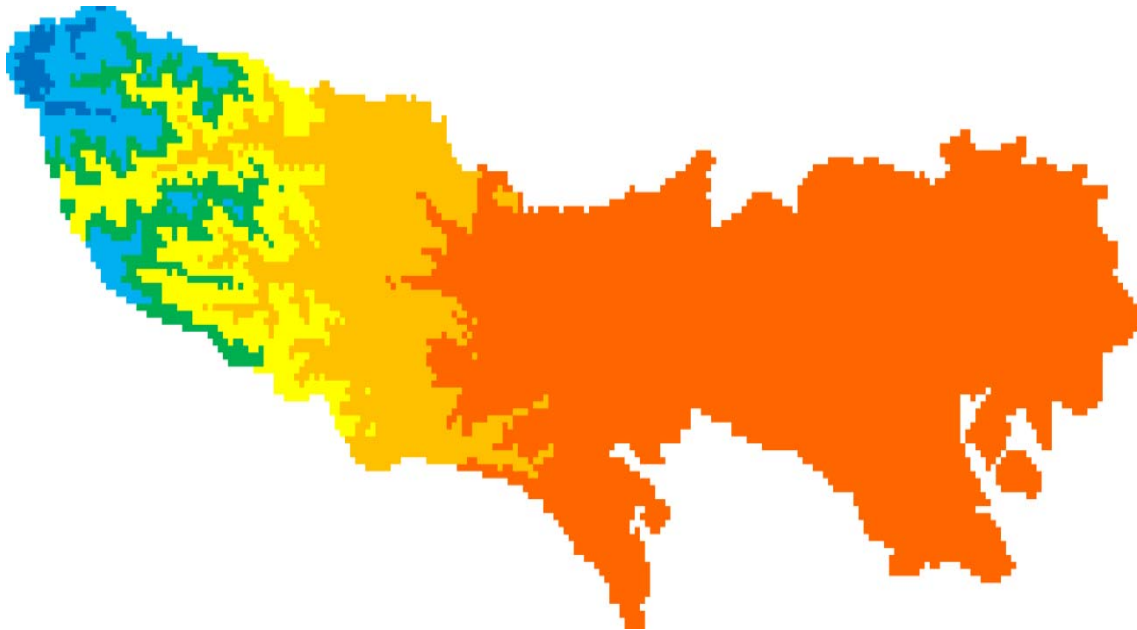


図 4.5 (h) 東京都の HDD18<sub>est</sub>



図 4.5(i) 東京都の HDD18<sub>est</sub> による地域区分

高度補正を利用した HDD18 の推定法の広域への適用について東京都を対象として検証する。前述したように離島を除く東京都は 1 次細分区域が東京地方一つで表される。つまり、式 4.4.2(e) 及び係数等による推定式が一つ用意される。図 4.5(g) から分かるように湾岸に広がる平野の都市部と郊外の山間部が存在する 1 次細分区域となっており、一つの推定式を用いる地域としては標高差が比較的大きな地域と言える。東京都内には複数の市区町村が存在することから、現在の地域区分では湾岸部に広がる平野の都市部周辺を IV<sub>b</sub> 地域、郊外の山間部を III 地域、その中間を IV<sub>a</sub> 地域とする 3 地域に区分される。

ここで、図 4.5(i) から HDD18<sub>est</sub> による区分を確認する。標高が 1500m を超え住宅がほぼみられない西多摩郡等の山間部において II 地域以上の寒い地域として区分される地域が散見されるが、湾岸に広がる平野の都市部周辺での IV<sub>b</sub> 地域や山間部中腹の III 地域、都市部と山間部の中間に広がる IV<sub>a</sub> 地域については現在の地域区分と同様の区分となっていることが確認できる。よって、東京都のように広域を対象とする 1 次細分区域についても高度補正を利用した HDD18 の推定法が適切に機能することが推察される。

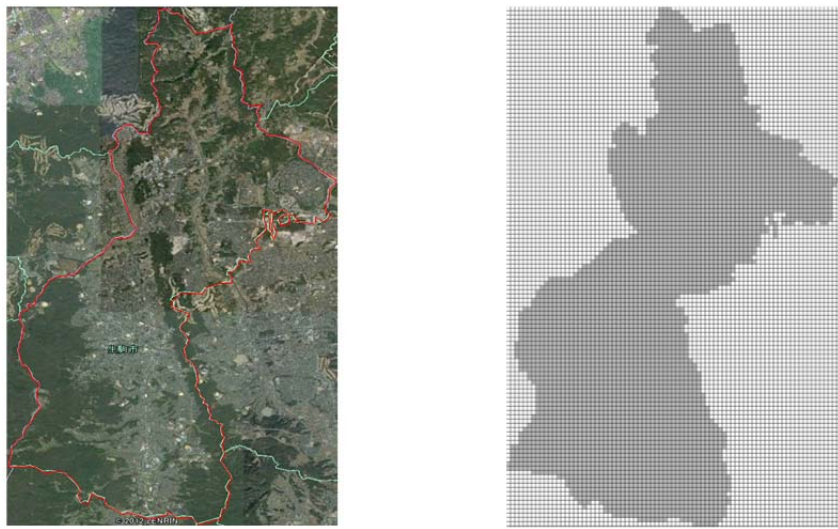


図 4.5(j) 奈良県生駒市の航空写真と緯度経度 100m グリッド模式図

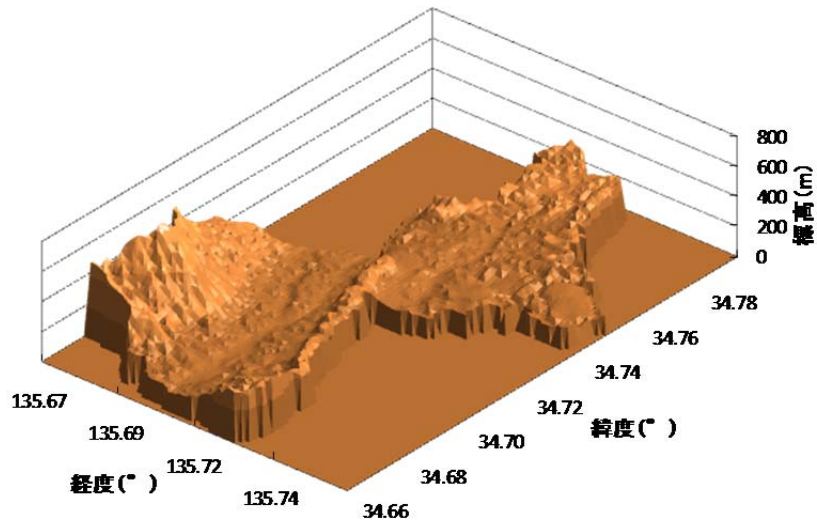


図 4.5(k) 奈良県生駒市の標高

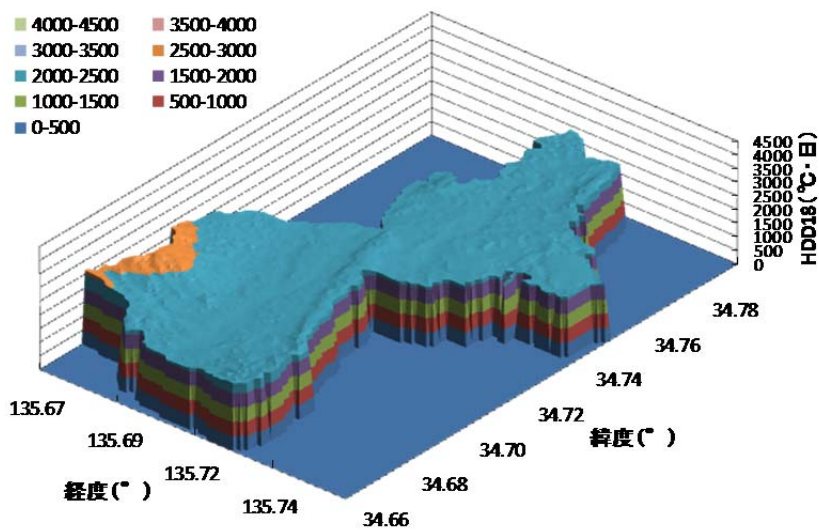


図 4.5(l) 奈良県生駒市の HDD18<sub>est</sub>

図 4.5(m) 奈良県生駒市の HDD18<sub>est</sub> による地域区分

高度補正を利用した HDD18 の推定法の山間部を含む地域への適用について奈良県生駒市を対象として検証する。現在生駒市はⅢ地域に区分される都市である。この現在の区分については、標高約 600m の山間部に位置するアメダス地点の気象データに基づいて判断される気候状態の想定により全都市をⅢ地域としたものである。しかし、都市部は標高約 100m の平野部に位置し、山間部との標高差が約 500m と大きく、気候的差異も大きいことが考えられる。

図 4.5(m)に示す HDD18<sub>est</sub> による区分では、Ⅲ地域に相当する HDD18<sub>est</sub> が 2500°C・日を上回る地域は山間部の一部であり、その他生駒市の大部分がⅣ<sub>a</sub> 地域に該当する結果となった。よって、主に住宅の建設が行われると思われる平野部に広がる都市部では、地域区分に乖離が生じ、1 地域寒い地域で用いられる基準、言い換えると 1 地域厳しい地域で用いられる基準に従わなければならない。

このように、同一の市区町村内に存在する標高差により複数の地域に区分することが適切な地域がある。生駒市による検証から地域区分において標高を考慮する必要があることが改めて確認でき、高度補正を利用した HDD18 の推定法では、同一の市区町村内に存在する標高差に対して適切に対応がなされていることが分かった。



図 4.5 (n) 高知県南国市の航空写真と緯度経度 100m グリッド模式図

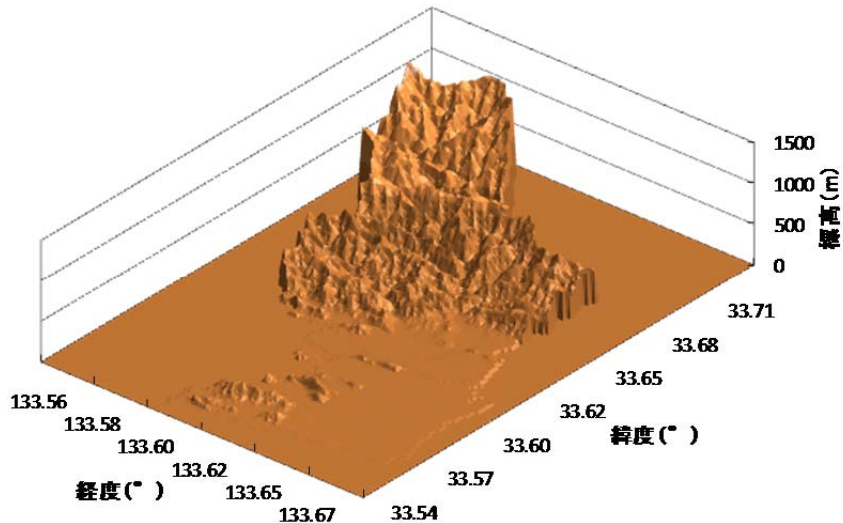


図 4.5 (o) 高知県南国市の標高

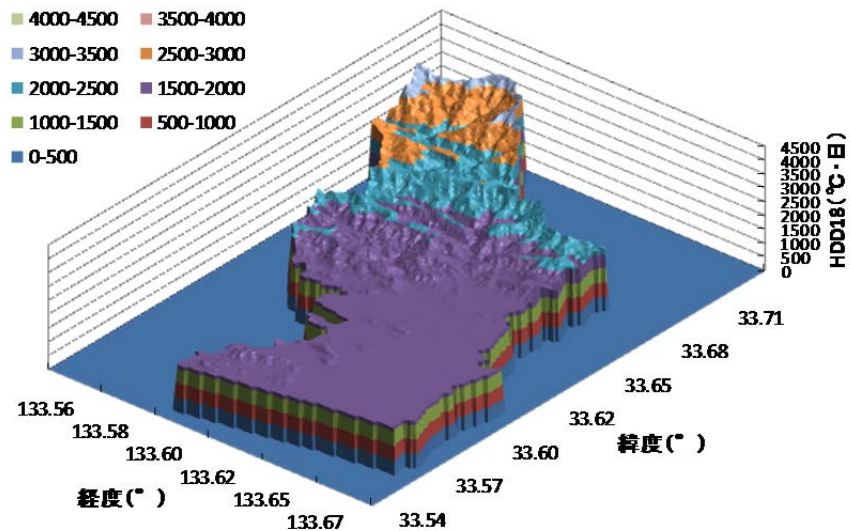
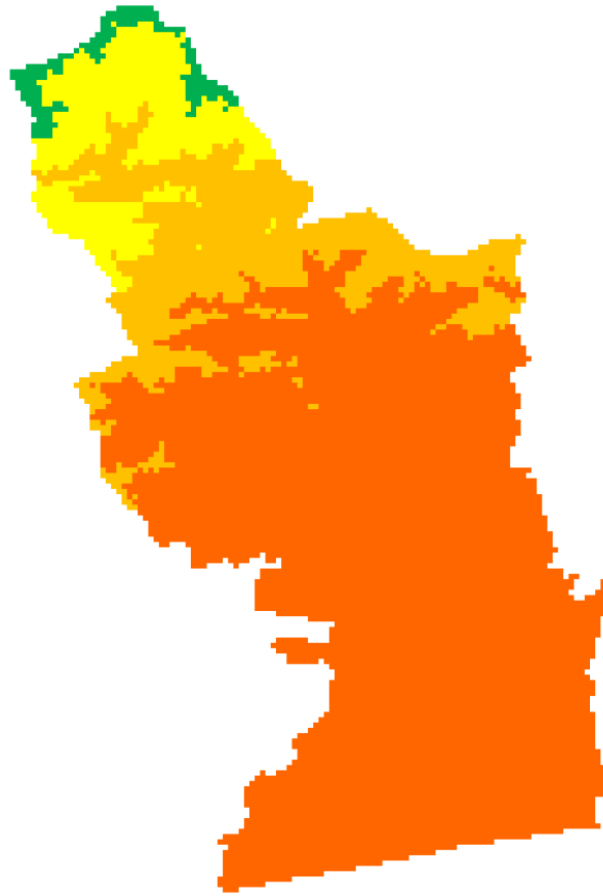


図 4.5 (p) 高知県南国市の HDD18<sub>est</sub>

図 4.5(q) 高知県南国市の HDD18<sub>est</sub> による地域区分

高度補正を利用した HDD18 の推定法の太平洋側への適用について高知県南国市を対象として検証する。太平洋側での気候状態への影響には緯度及び標高以外の要因による影響が僅かにみられた。そこで、1次細分区域による地域の分類について太平洋側の都市への対応を確かめる。

現在の区分では南国市はV地域とされている。しかし、図 4.5(q)から HDD18<sub>est</sub> による区分を確認すると、太平洋側の平野部でIV<sub>b</sub>地域の区分となっていることがみてとれる。これについて、南国市内に存在する拡張アメダス気象データの地点で確認する。南国市内にはアメダス地点として1地点後免がある。後免による HDD18 で区分した場合IV<sub>b</sub>地域に相当する。ただし、後免による HDD18 は約 1600°C・日であり、IV<sub>b</sub>地域とV地域の区分の境界上と考えられる。よって、HDD18<sub>est</sub> による区分のIV<sub>b</sub>地域が正しいとも現在の区分のV地域が正しいとも断定することはできないが、高度補正を利用した HDD18 の推定法による太平洋側の都市での地域区分に大きな誤りはないものと考えられる。

また、南国市北部における山間部では HDD18<sub>est</sub> による区分が段階的にIV<sub>a</sub>地域以上の寒い地域となることも確認できる。このような山間部ではV地域は妥当でないと推察されるため、南国市についても標高を考慮すべきと言える。

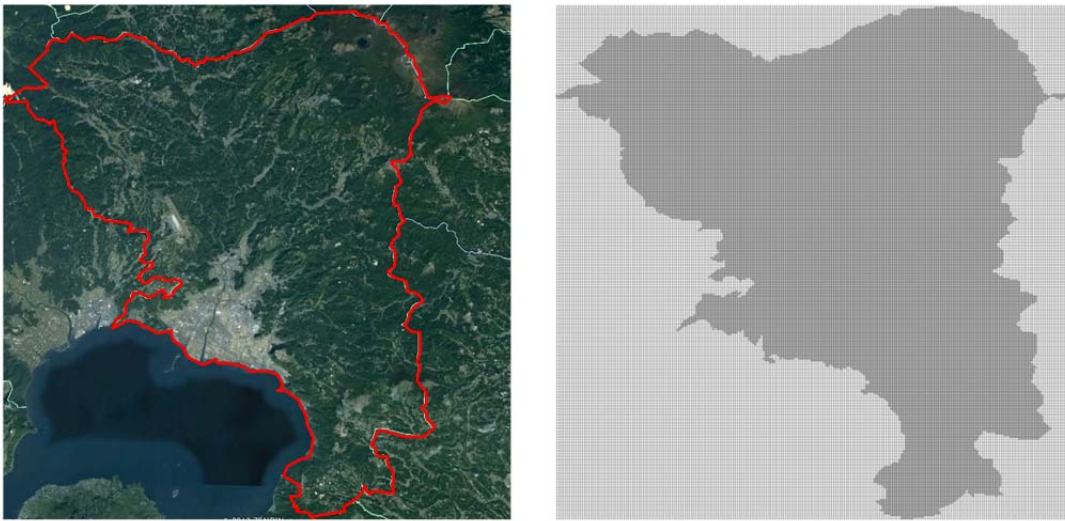


図 4.5(r) 鹿児島県霧島市の航空写真と緯度経度 100m グリッド模式図

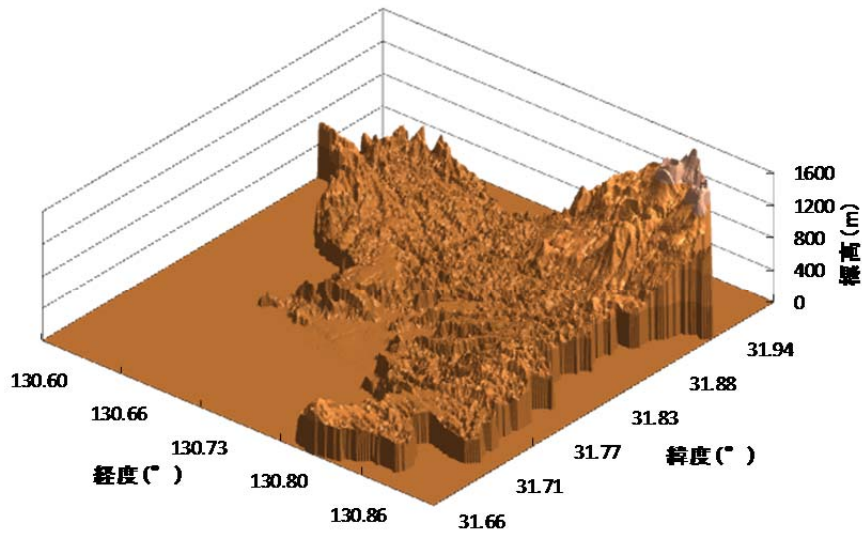


図 4.5(s) 鹿児島県霧島市の標高

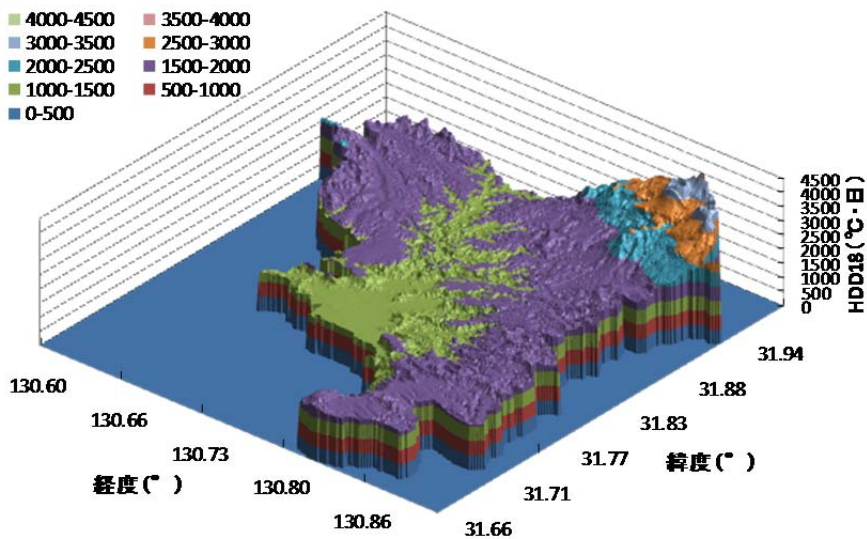


図 4.5(t) 鹿児島県霧島市の HDD18<sub>est</sub>

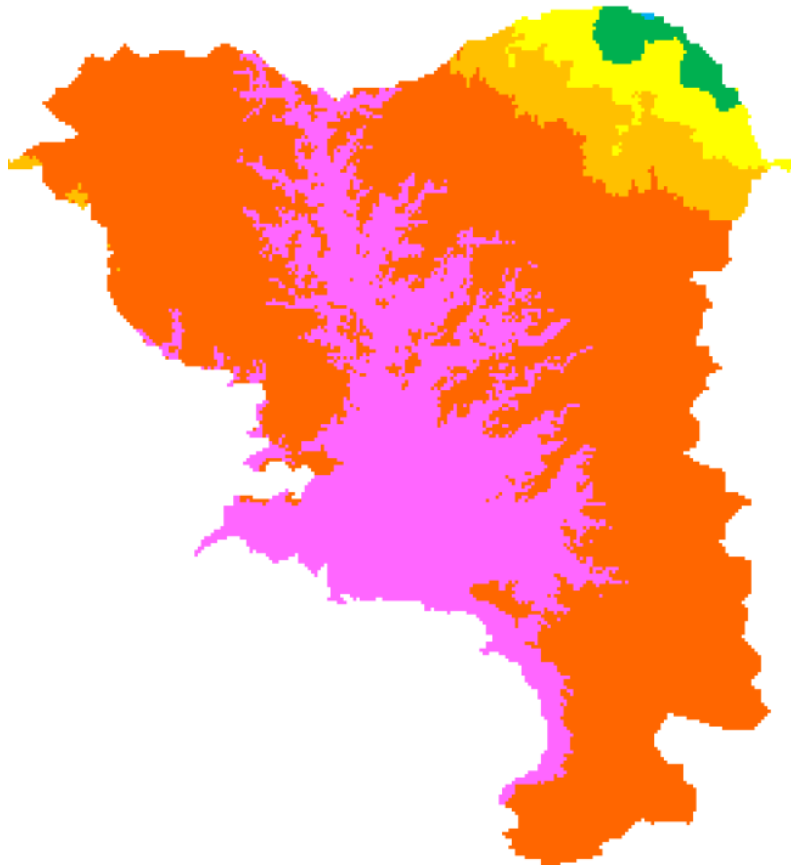


図 4.5(u) 鹿児島県霧島市の HDD18<sub>est</sub> による地域区分

高度補正を利用した HDD18 の推定法の市町村合併による市区町村の広域化への適用について鹿児島県霧島市を対象として検証する。霧島市は 2005 年 11 月に国分市、溝辺町、横川町、牧園町、霧島町、隼人町、福山町の 1 市 6 町による合併により誕生した市で、大幅に面積が拡大した市である。現在の地域区分は霧島市としての区分ではなく、旧市町の区分により北部の IV<sub>b</sub> 地域と南部の V 地域で構成される。現状ではこのように市町村合併により拡大した市に対しては複数の区分が適用される場合がある。しかし、鹿児島市のように市町村合併の前後で同名の市が拡大することもあり、旧市区町村の区分による地域区分を用いることは混乱を招く恐れがある。

また、霧島市については図 4.5(u)に示す HDD18<sub>est</sub> による区分から、旧市町による区分範囲とは異なる IV<sub>b</sub> 地域と V 地域、さらに山間部の IV<sub>a</sub> 地域以上の寒い地域の区分がみられる。市町村合併による市区町村の再編成及び旧市町内に存在する複数の区分への対応として本論で提案する高度補正を利用した HDD18 の推定法による HDD18<sub>est</sub> での地域区分が霧島市では適当と思われる。

さらに、1 次細分区域のように市区町村より一定の広い地域単位を定めた本推定法は、市町村合併等により現在の地域区分で定める市区町村に再編成があった場合についても推定式等の変更が必要でないという利点が考えられる。



図 4.5(v) 沖縄県名護市の航空写真と緯度経度 100m グリッド模式図

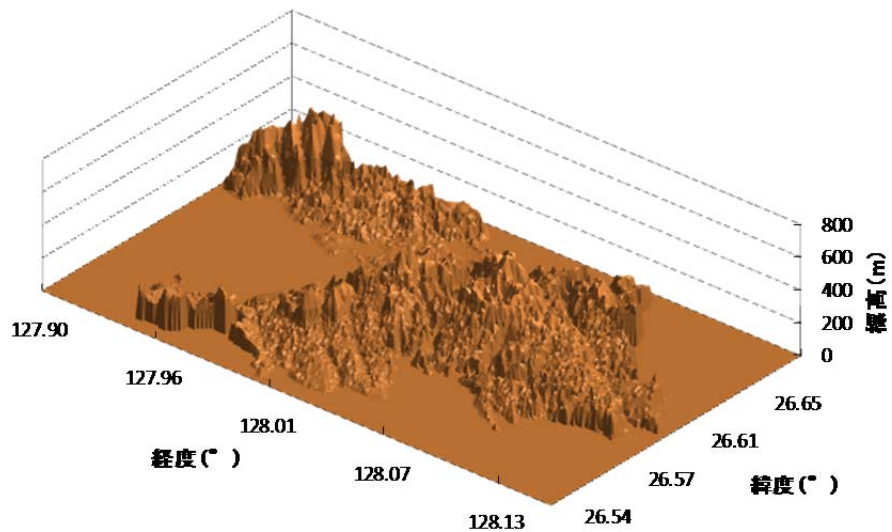


図 4.5(w) 沖縄県名護市の標高

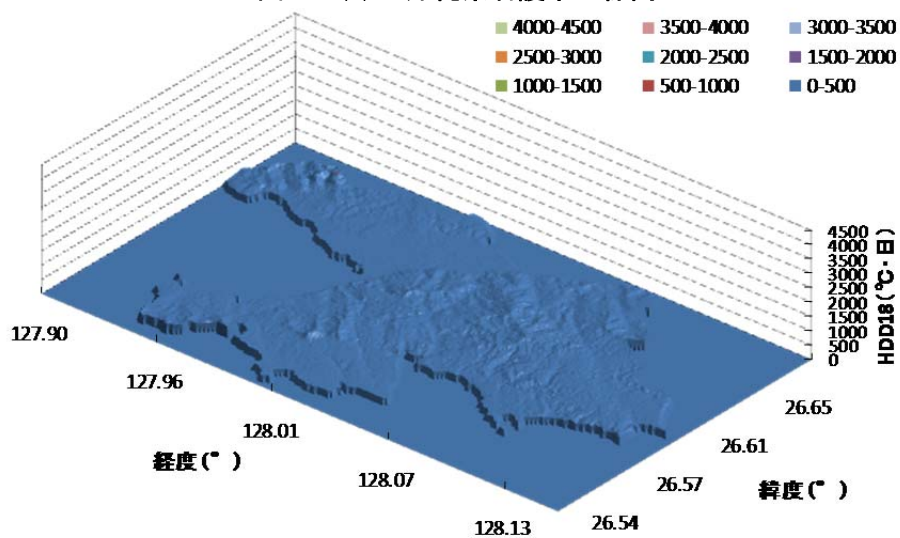
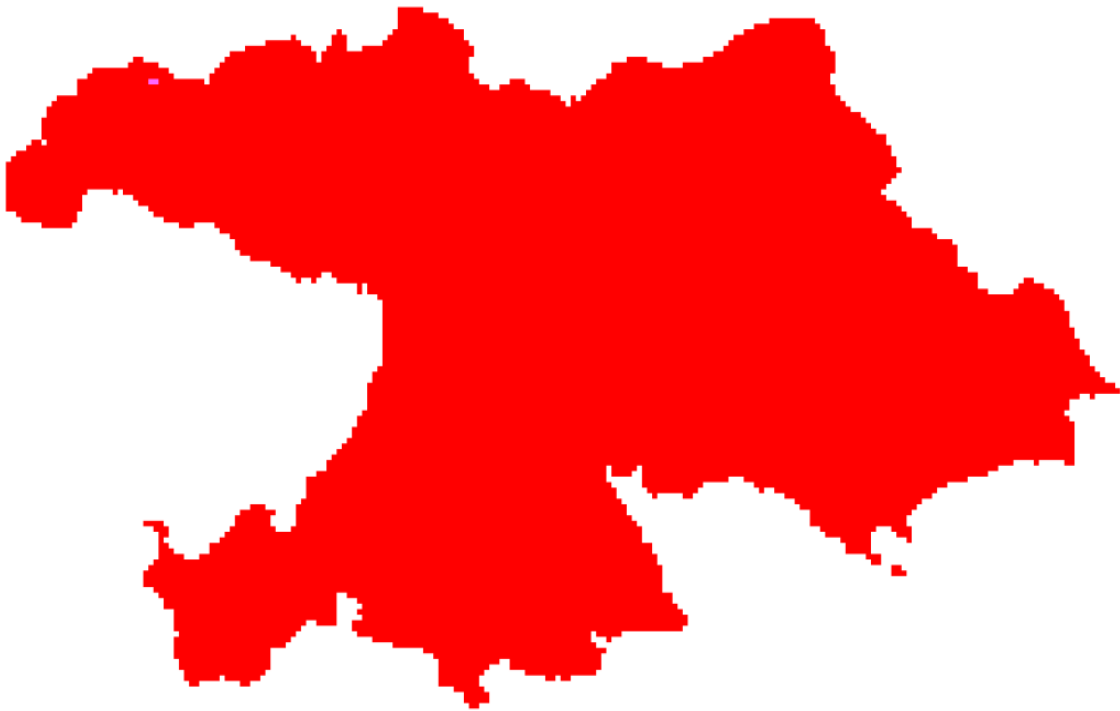


図 4.5(x) 沖縄県名護市の HDD18<sub>est</sub>



図 4.5 (y) 沖縄県名護市の HDD18<sub>est</sub> による地域区分

高度補正を利用した HDD18 の推定法の低緯度地域への適用について沖縄県名護市を対象として検証する。名護市のような低緯度地域の南西諸島では現在の区分がVI地域とされている。HDD18が $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満の地域がVI地域と定められているが、 $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満には $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ も当然該当するため、これ以上 HDD18 が小さくならないという地域も含まれることが予想される。よって、名護市のような低緯度地域の南西諸島は、HDD18 では表すことのできない気候状態の差が存在することも十分考えられる地域である。

図 4.5(y)から HDD18<sub>est</sub> による区分を確認するが、名護市のほぼ全域が現在の区分と同様のVI地域として表されている。図 4.5(w)に示す標高より名護市は約 500m 程度の山間部を含む都市であることが確認できる。しかし、図 4.5(x)に示すように HDD18<sub>est</sub> の変化が名護市全域において小さくなっていることが分かる。これは、4-4-2 節で示す標高と $\Delta\text{HDD18}$ の関係における特徴の「2.高緯度地域になるに従って $\Delta\text{HDD18}$  は大きくなる。」に則した傾向と言える。

このように名護市のような低緯度地域の南西諸島では、 $\Delta\text{HDD18}$  が小さいこともあり、現在の区分同様にVI地域に区分される地域が多くを占めることが推察される。また、現在の区分で低緯度地域の区分として用いられるVI地域を再現することができることから、高度補正を利用した HDD18 の推定法は低緯度地域においても適用できると思われる。

---

#### 4-6. 第4章のまとめ

本章では、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分における現状について解決すべき以下に示す3点の課題点を整理した。

##### (1) 同一市区町村内における標高差等による気候状態の差異

現在、地域を区分するための地域単位として市区町村が用いられ、市区町村における気候状態を反映した区分がなされる。しかし、同一の市区町村内であっても標高差等により異なる気候状態にある地域が複数存在する場合は推察される。このような地域の適切な区分法が必要である。

##### (2) アメダス地点による HDD18 での区分と公示上の区分の乖離

アメダス地点による気象データから算定した HDD18 を区分範囲に従い区分した場合と公示されるそれぞれの区分と異なる地点が散見された。要因としては、市区町村に一つの区分のみ与えられることや行政的な都市の関連性に基づく区分が行われることが挙げられる。この点において現状の地域区分は改善されなければならない。

##### (3) 市町村合併

地域単位である市区町村は、近年平成の大合併により再編成が進められている。このように編成が進む市区町村をそのまま地域区分に用い続けることは、任意地点における地域の区分を行う際に混乱を生じる招く恐れがあるため、地域単位の再考は必至である。

これらの課題点を踏まえて、本章では標高を考慮した新たな地域区分法として、任意地点における HDD18<sub>est</sub> による地域区分を提案した。HDD18 の推定方法には以下に示す2点の方法について検討した。

##### (1) 緯度・標高による重回帰式を用いた HDD18 の推定法

HDD18 と緯度、標高の相関関係が極めて高いことに着目して、緯度及び標高を説明変数とした推定法である。比較的高い精度での推定が可能だが、北海道太平洋側や関東において一部残差の大きい地域もみられた。本推定法ではこの点に留意しなければならない。

##### (2) 高度補正を利用した HDD18 の推定法

本推定法では、はじめに高度補正により算定される HDD18<sub>0m</sub> を1次細分区域毎に平均することで、緯度等による影響を考慮した HDD18 推定の基準値を整備する。さらに、基準値に標高の影響を加味することで任意地点の HDD18 を推定することができる。本推定法を用いることで、任意地点における1次細分区域及び標高の情報を得られれば HDD18 の推定ができ、HDD18<sub>est</sub> による地域区分も可能となる。

各推定法の比較から高度補正を利用した HDD18 の推定法が有用であることを判断し、本章では本推定法による HDD18 の推定及び地域区分を 6 都市について実施した。6 都市における新たな地域区分と現在の地域区分を比較検討することにより、新たな地域区分法の各都市への適用及び住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分における課題点の解決について検証している。これらの結果から、本推定法による HDD18 の推定及び地域区分が低緯度地域から高緯度地域に渡る全域、1 次細分区域が広域となる地域、太平洋側の地域等で概ね良好に実施できたことが分かった。さらに、同一市区町村における標高差への適用や市町村合併による広域化する都市への適用等が確認された。よって、高度補正を利用した HDD18 の推定法による推定値を利用した本論で提案する新たな地域区分法に一定の有用性が示された。

#### 4-7. 第4章の参考文献

- [1]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説,2002
  
- [2]建設省：建設省総合技術開発プロジェクト,省エネルギー住宅システムの開発報告書,1982
  
- [3]松尾陽,村上周三,宮田紀元,鎌田元康,坂本雄三：建築と気象,朝倉書店,pp.60-66,1986
  
- [4]赤坂裕,荒井良延,井川憲男,石野久彌,永村悦子,永村一雄,郡公子,曾我和弘,西岡真稔,二宮秀興,松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000,日本建築学会,株式会社鹿児島TLO,pp.1-223,2005
  
- [5]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準 ガイドブック,2009
  
- [6]総務省：市町村合併資料集,<http://www.soumu.go.jp/gapei/gapei.html> (2013年1月3日参照)
  
- [7]気象庁：警報・注意報や天気予報の発表区域,<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/saibun/index.html> (2012年7月19日参照)
  
- [8]Google Earth,<http://earth.google.co.jp> (2012年12月20日参照)
  
- [9]国土交通省国土地理院：基盤地図情報のダウンロード, <http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html> (2012年4月22日参照)



**第 5 章 暖冷房負荷を考慮した地域区分法**

---



---

## 第5章 暖冷房負荷を考慮した地域区分法

前章では、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分[1]同様に住宅の暖房負荷を考慮した HDD18 による地域区分について新たな地域区分法を提案した。新たな地域区分法では、高度補正を利用した HDD18 の推定法により任意地点での HDD18 を推定し、推定値により地域を区分することで、気候状態への標高の影響を考慮した地域区分としている。このように現在行われる地域区分及び前章で提案した新たな地域区分法において HDD18 が用いられるのは、住宅の空調熱負荷において暖房負荷が支配的であることが背景として挙げられる。

しかし、近年の住宅における冷房需要の拡大に伴う冷房負荷の増加は顕著であり、今後ますますの増加が見込まれる現状にあつては冷房負荷を反映した地域区分が必要となることは必至である。また、住宅の空調熱負荷において暖房負荷が支配的であるとはいえ、沖縄等の南西諸島あるいは温暖な地域での冷房負荷は無視することができない。よって、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分において考慮されない冷房負荷についても考慮した地域区分法を本章では提案する。

暖房負荷を考慮した前章までの地域区分法において HDD18 が利用されることを参考にし、本章で示す冷房負荷についても考慮した地域区分法では、2章及び3章で冷房負荷と極めて高い相関関係にあることが明らかとなっている気候指標の一つ CDD22 による地域の区分を検討する。なお、CDD22 を用いた地域の区分について検討することとなるが、本論において提案する冷房負荷も考慮した地域区分法では、CDD22 のみによる地域区分は行わない。なぜなら、住宅の空調熱負荷において暖房負荷が支配的であることは自明の事実であり、冷房負荷のみを対象とした地域区分法では適切な地域の区分が行えないと判断されるためである。

これより、本章で提案する地域区分法では暖房負荷及び冷房負荷を総合的に判断する、つまり HDD18 及び CDD22 によって地域を区分する方法について考察する。具体的には、前章において用いた高度補正を利用した HDD18 の推定法を参照することで、任意地点における CDD22 の推定を可能にし、HDD18 及び CDD22 の推定値を利用した地域の区分を行う。HDD18 及び CDD22 の二つの気候指標による地域区分では、各気候指標による区分範囲の設定に加えて、HDD18 と CDD22 の区分範囲の組み合わせが重要となる。そこで、HDD18 及び CDD22 にそれぞれ区分範囲を設定し、各区分に振り分けられる拡張アメダス気象データ[2]収録のアメダス地点における暖冷房負荷の傾向を分析する。この分析結果を踏まえることで、地域の分類に最適な HDD18 と CDD22 の組み合わせを確立し、暖冷房負荷を考慮した地域区分が可能な新たな地域区分法を提案する。この新たな地域区分法において暖冷房負荷が考慮されるのはもちろんのこと、地域区分に必要な任意地点における HDD18 及び CDD22 をそれぞれ高度補正を利用した推定法により推定することから、標高による影響についても当然考慮された地域区分法と言える。ここで示す地域区分法については、前章において地域区分の適用を検証した6都市を対象として本章でも検証する。

---

### 5-1. 高度補正を利用した冷房度日推定法

高度補正を利用した HDD18 の推定法を参照して CDD22 の推定法を検討する。式 5.1(a) を用いて 1 次細分区域毎に  $\overline{CDD22_{0m}}$  の平均値を算定する。ただし、式 5.1(a) において  $\overline{\theta_0}(i)$  が  $22^\circ\text{C}$  以下のときは積算しない。算定される平均値については以下、 $\overline{CDD22_{0m}}$  と表記する。ここで、高度補正を利用した HDD18 の推定法同様に海拔 0m における地域を分類する地域単位として 1 次細分区域を用いる理由を 2 点挙げる。1 点は、1 次細分区域毎に求まる  $\overline{CDD22_{0m}}$  と 1 次細分区域内の各アメダス地点における  $CDD22_{0m}$  の乖離が比較的小さく抑えられているためである。よって、 $CDD22_{0m}$  が同程度の地域をまとめる地域単位として 1 次細分区域は十分効果的である。もう 1 点は、HDD18 の推定法との統一性を確保するためである。本章で扱う暖冷房負荷を考慮した地域区分法では最終的に HDD18 と CDD22 の区分範囲の組み合わせ考えなければならないため、これら二つの推定法において統一性を持たせることが必要である。これら 2 点を理由として、1 次細分区域毎に  $\overline{CDD22_{0m}}$  を算定し、高度補正を利用した CDD22 の推定法での海拔 0m における基準値として  $\overline{CDD22_{0m}}$  を整理する。

$$\overline{CDD22_{0m}} = \sum_{i=1}^n (\overline{\theta_0}(i) - 22) \quad (5.1(a))$$

[記号]

$\overline{CDD22_{0m}}$  : 1 次細分区域毎の海拔 0m における冷房度日( $CDD22_{0m}$ )の平均値 [ $^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ ]

$\overline{\theta_0}$  : 海拔 0m における日平均気温の 1 次細分区域毎の平均値 [ $^\circ\text{C}$ ]

n :  $\overline{\theta_0}$  が  $22^\circ\text{C}$  以上となる日数 [日]

高度補正を利用した CDD22 の推定法では、海拔 0m における基準値として  $\overline{CDD22_{0m}}$  を整理した次の段階で標高の影響を加味し、任意地点の CDD22 の推定を試みる。標高の影響は、気温の低下に伴い  $\overline{HDD18_{0m}}$  からの HDD18 増加とは反対に  $\overline{CDD22_{0m}}$  からの CDD22 減少として現れる。以下、標高に応じて  $CDD22_{0m}$  から減少する CDD22 の減少量を  $\Delta CDD22$  とする。図 5.1(a) から図 5.1(c) に札幌、東京、那覇の 3 都市における気温の年間推移と CDD22 における冷房設計室温の  $22^\circ\text{C}$  を表す赤の点線を示す。併せて図 5.1(a) から図 5.1(c) では、式 4.4.2(a) により算定した 500m 及び 1000m に相当する日平均気温についても示す。

図よりそれぞれの都市により  $22^\circ\text{C}$  を上回る日数(期間)が大きく異なることが確認できる。そのため、標高の上昇に伴った気温低下による  $\Delta CDD22$  に地域間差が生じることが推察される。札幌のように元々の気温が低い高緯度地域では、 $22^\circ\text{C}$  を上回る日数(期間)が少ないため  $\Delta CDD22$  は小さく、反対に那覇のように元々の気温が高い低緯度地域では、 $22^\circ\text{C}$  を上回る日数(期間)が多く  $\Delta CDD22$  が大きくとなる。また、札幌のような低緯度地域ではある程度の標高の上昇で CDD22 が  $0^\circ\text{C}\cdot\text{日}$  となり、それ以降  $\Delta CDD22$  に変化が生じなくなることも留意しておかなければならない。



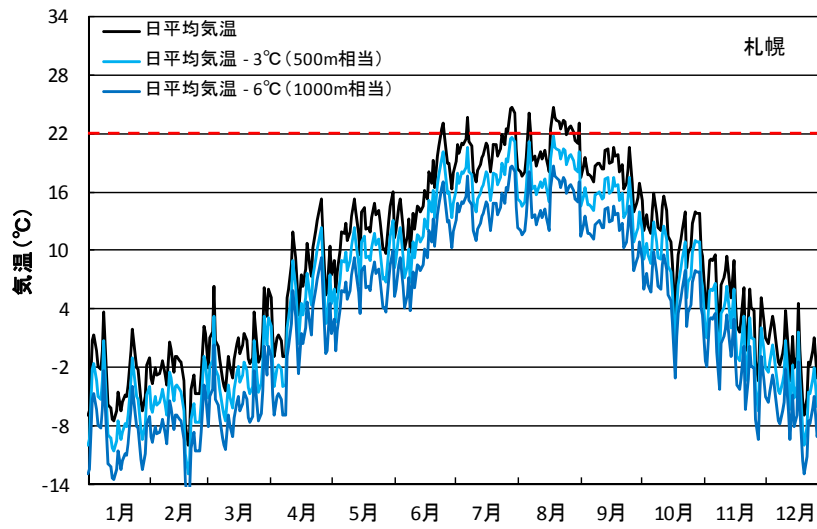


図 5.1 (a) 札幌における気温の年間推移 (日平均気温・日平均気温-3°C・日平均気温-6°C)

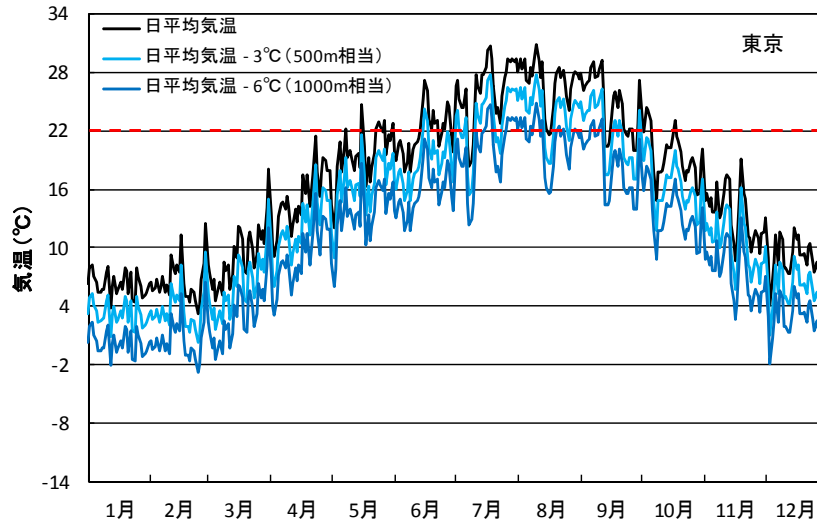


図 5.1 (b) 東京における気温の年間推移 (日平均気温・日平均気温-3°C・日平均気温-6°C)

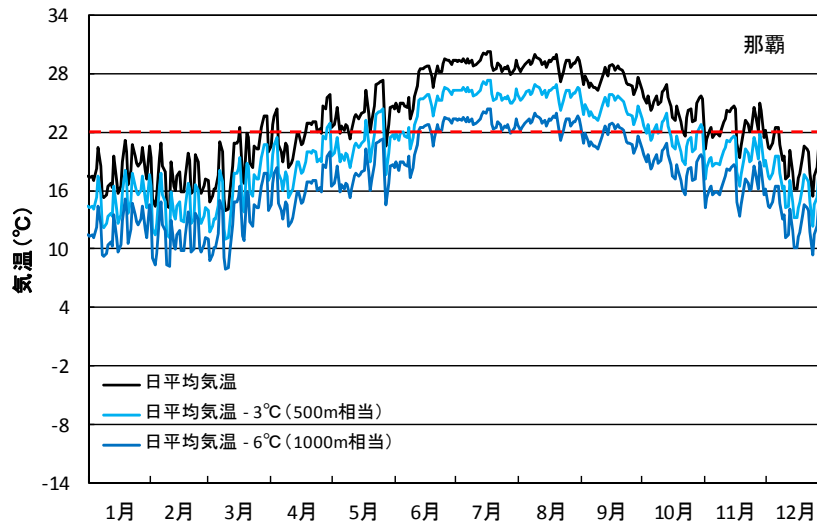


図 5.1 (c) 那覇における気温の年間推移 (日平均気温・日平均気温-3°C・日平均気温-6°C)

上記した地域間での $\Delta\text{CDD}22$ の傾向の違いについて、図 5.1(d)から図 5.1(f)により分析する。図 5.1(d)から図 5.1(f)では、それぞれ札幌、東京、那覇の3都市における標高と単位標高あたりの $\Delta\text{CDD}22$ の関係を示す。このとき図に示す単位標高あたりの $\Delta\text{CDD}22$ は、横軸に示す標高から10m標高が上昇するときの $\Delta\text{CDD}22$ を表し、便宜的に負の値としている。

図より、沖縄から札幌に向かって、つまり低緯度地域から高緯度地域に向かって単位標高あたりの $\Delta\text{CDD}22$ が小さくなることを確認できる。これは前述した通り $22^{\circ}\text{C}$ を上回る日数(期間)が低緯度地域と比較して高緯度地域では少ないため、積算される $\Delta\text{CDD}22$ が小さくなったと考えられる。また、札幌においては標高約450mで $\text{CDD}22_{0\text{m}}$ を $\Delta\text{CDD}22$ が上回るため、それ以降 $\Delta\text{CDD}22$ が $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ となる様子を見ることができ、さらに、低所から高所に向かって単位標高あたりの $\Delta\text{CDD}22$ が小さくなる傾向も各都市でうかがえる。このように図に示される標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係について、標高と $\Delta\text{HDD}18$ の関係を参考に特徴を整理して以下に示す3点にまとめる。

#### <標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係における特徴>

1. 高所になるに従って単位標高あたりの $\Delta\text{CDD}22$ は小さくなる。
2. 高緯度地域になるに従って $\Delta\text{CDD}22$ は小さくなる。
3. 低緯度地域になるに従って1.の特徴が大きくなる。

任意地点標高による $\text{CDD}22$ の推定ではこれら特徴に対応しなければならない。この標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係における特徴への対応についても前章における標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係への対応方法を踏まえて検討する。そこで、前章に習い1次細分区域毎の標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係について詳細な分析を行う。図 5.1(g)には、1次細分区域である北海道宗谷地方、東京都東京地方、奈良県北部、高知県中部、鹿児島県薩摩地方、沖縄県本島北部の6区域を例示する。ここで、図に示す $\Delta\text{CDD}22$ は式 4.4.2(a)を用いて1m毎に各標高を想定して算定される気温により求められる $\text{CDD}22$ の1次細分区域毎の平均値からそれぞれの $\overline{\text{CDD}22_{0\text{m}}}$ を差し引いた値とする。図では横軸に示す標高までの $\Delta\text{CDD}22$ を表している。また、図にはこのようにして算定された $\Delta\text{CDD}22$ のプロットに対する2次の近似曲線を示すとともに、さらに各1次細分区域に存在するアメダス地点における標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係を表すプロットについても青の菱形で表示する。

図 5.1(g)に示す6区域の標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係から、図 5.1(d)から図 5.1(f)で示した札幌、東京、那覇の3都市を対象とした考察により明らかとなった標高と $\Delta\text{CDD}22$ の関係における特徴が改めて確認できる。よって、これよりこれら特徴への対応を検討する。1.の特

徴への対応として、標高を用いた関数により $\Delta\text{CDD22}$ を算定する算定式の作成を行う。図5.1(g)から分かるように、1.の特徴による高所へ向かって単位標高あたりの $\Delta\text{CDD22}$ が小さくなる傾向は、例示する6区域すべてにおいて2次の近似曲線を宛がうことのできる関係性が表されている。例示区域以外でも1次細分区域すべてでこの傾向を確認することができた。この結果を踏まえて、 $\Delta\text{HDD18}$ 同様に $\Delta\text{CDD22}$ については、式5.1(b)に示す標高を用いた2次関数で表すこととする。さらに、式5.1(c)、式5.1(d)に示すように式5.1(b)で算定される $\Delta\text{CDD22}$ を1次細分区域毎の基準値として整理した $\overline{\text{CDD22}}_{0\text{m}}$ から差し引くことで、任意地点におけるCDD22の推定が可能である。また、このとき推定されるCDD22の推定値については以下 $\text{CDD22}_{\text{est}}$ とする。なお、標高と $\Delta\text{CDD22}$ の関係において理論的に原点を通る2次の近似曲線となることから原点を拘束する。

$$\Delta\text{CDD22} = c h^2 - d h \quad (5.1(b))$$

$$\text{CDD22}_{\text{est}} = \overline{\text{CDD22}}_{0\text{m}} + \Delta\text{CDD22} \quad (5.1(c))$$

$$= \overline{\text{CDD22}}_{0\text{m}} + c h^2 - d h \quad (5.1(d))$$

[記号]

$\Delta\text{CDD22}$  : 標高に応じて $\text{CDD22}_{0\text{m}}$ から減少するCDD22の減少量 [°C・日]

c : 係数 [°C・日/m<sup>2</sup>]

d : 係数 [°C・日/m]

h : 標高 [m]

$\text{CDD22}_{\text{est}}$  : 冷房度日(CDD22)の推定値 [°C・日]

$\overline{\text{CDD22}}_{0\text{m}}$  : 1次細分区域毎の海拔0mにおける冷房度日(CDD22<sub>0m</sub>)の平均値 [°C・日]

本章で提案する高度補正を利用したCDD22の推定法では、最後に2.及び3.の特徴へ対応しなければならない。これについても前章で示す高度補正を利用したHDD18の推定法に習い、1次細分区域毎に推定式を設けることで対応を図る。各1次細分区域の推定式における $\overline{\text{CDD22}}_{0\text{m}}$ 、係数c、dは1次細分区域毎に整理し、表5.1(a)から表5.1(d)にまとめる。これより本推定法では、表5.1(a)から表5.1(d)にまとめられた $\overline{\text{CDD22}}_{0\text{m}}$ 、係数c、dを式5.1(d)に適用することで任意地点においてCDD22を推定できることとなる。また、表5.1(a)から表5.1(d)では、表右部に「CDD22が下記基準値以下となるときの高さh(m)」を併せて表記している。これを用いることで、CDD22についても任意地点における1次細分区域及び標高の情報が得られれば地域の区分が可能となる。なお、暖房負荷とHDD18の相関及び冷房負荷とCDD22の相関について考察し、CDD22の区分範囲を250°C・日区切りとしている。詳細については後述する。

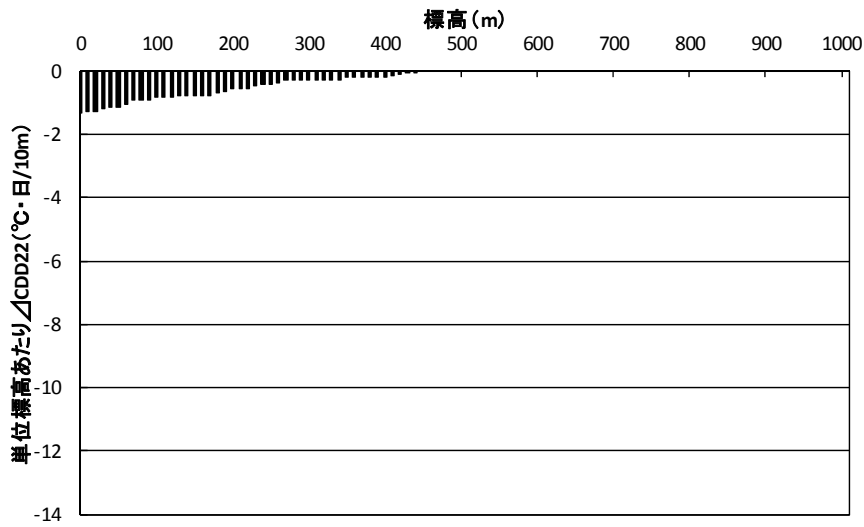


図 5.1 (d) 札幌における標高と単位標高(10m)あたりの $\Delta$ CDD22の関係

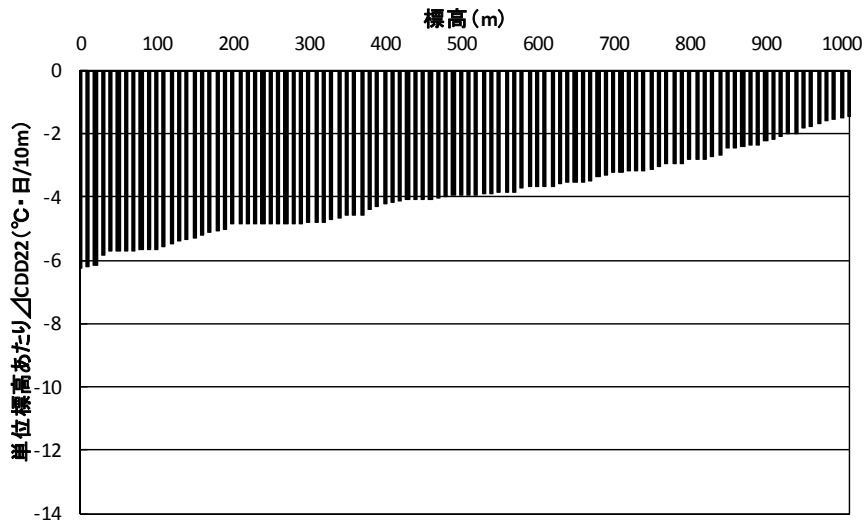


図 5.1 (e) 東京における標高と単位標高(10m)あたりの $\Delta$ CDD22の関係

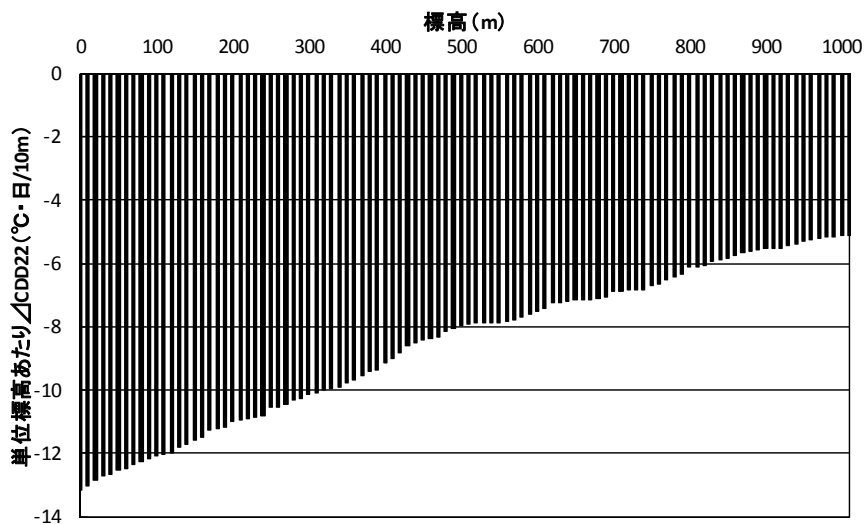


図 5.1 (f) 那覇における標高と単位標高(10m)あたりの $\Delta$ CDD22の関係

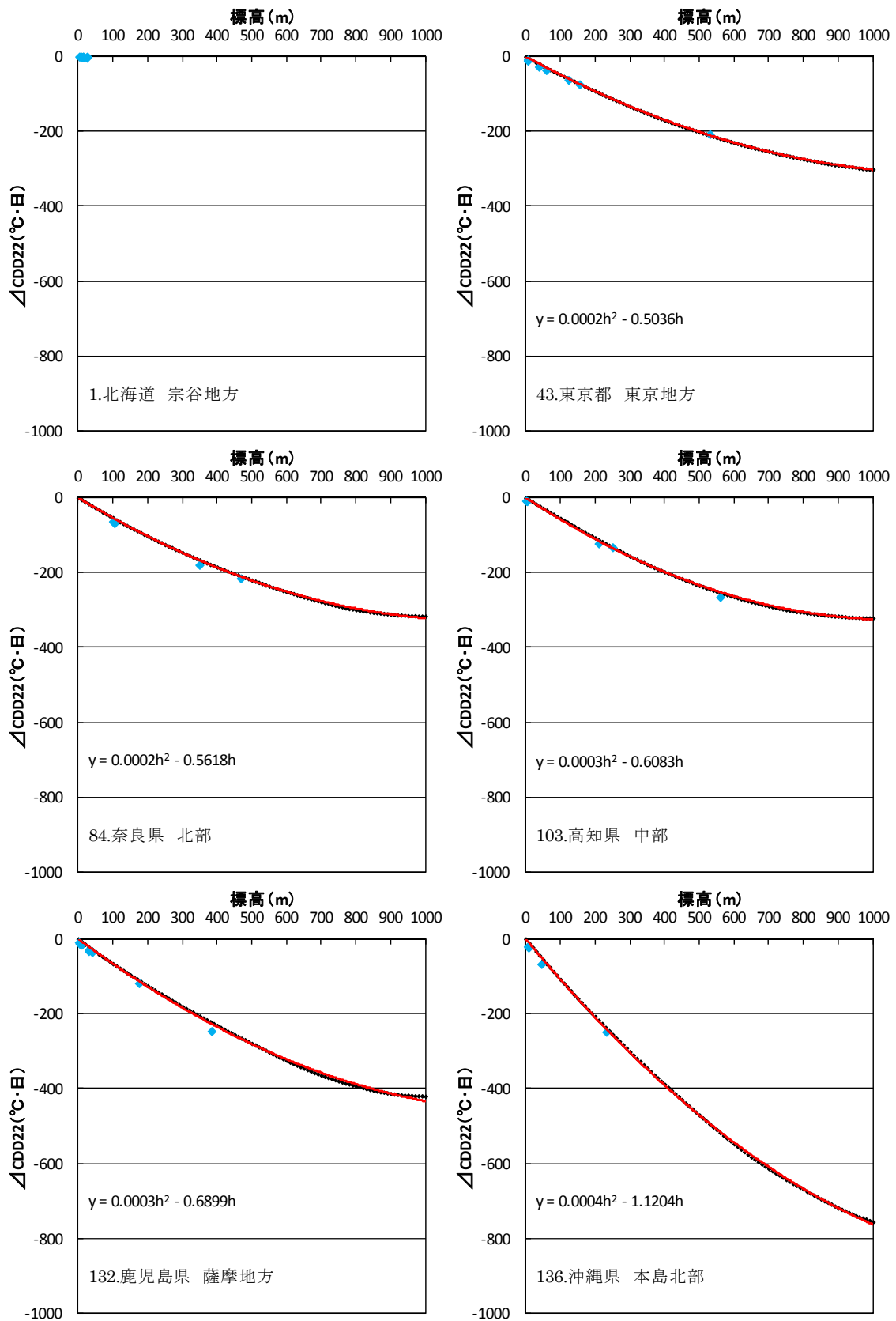


図 5.1(g) 標高と $\Delta CDD22$ の関係

表 5.1 (a) 1次細分区域毎の高度補正を利用した CDD22 の推定法で必要となる係数と CDD22 が下記基準値以下となるとききの標高 (その 1)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	CDD22 <sub>lim</sub>	c	d	CDD22が下記基準値以下となるとききの標高h(m)			
						1000	750	500	250
北海道	宗谷地方	11	0	-	-				
北海道	上川地方	22	20	0.00009	0.0818				
北海道	留萌地方	9	4	0.00006	0.0312				
北海道	石狩地方	9	10	0.00008	0.0540				
北海道	空知地方	10	20	0.00020	0.1092				
北海道	後志地方	11	15	0.00008	0.0657				
北海道	紋別地方	9	7	0.00009	0.0477				
北海道	網走地方	8	11	0.00003	0.0448				
北海道	北見地方	3	27	0.00006	0.0816				
北海道	根室地方	8	0	-	-				
北海道	釧路地方	11	0	-	-				
北海道	十勝地方	18	4	0.00003	0.0208				
北海道	胆振地方	11	2	-0.00005	0.0171				
北海道	日高地方	8	0	-	-				
北海道	渡島地方	8	2	0.00008	0.0290				
北海道	檜山地方	6	12	0.0002	0.0898				
青森県	下北	4	12	0.0003	0.1071				
青森県	津軽	11	51	0.0003	0.2260				
青森県	八戸	7	43	0.0002	0.1811				
秋田県	沿岸	12	96	0.0002	0.3062				
秋田県	内陸	12	98	0.0002	0.2905				
岩手県	内陸	20	95	0.0003	0.3189				
岩手県	沿岸北部	10	35	0.0002	0.1624				
岩手県	沿岸南部	3	80	0.0002	0.2501				
宮城県	東部	12	89	0.0003	0.3043				
宮城県	西部	6	109	0.0002	0.2978				
山形県	庄内	5	124	0.0002	0.3270				
山形県	最上	5	114	0.0003	0.3374				
山形県	村山	5	137	0.0002	0.3602				
山形県	置賜	5	163	0.0002	0.3957				
福島県	中通り	12	185	0.0002	0.4139				
福島県	会津	10	194	0.0002	0.4232				
福島県	浜通り	7	124	0.0002	0.3316				
茨城県	北部	6	163	0.0002	0.4024				
茨城県	南部	8	219	0.0002	0.4467				
栃木県	北部	8	215	0.0002	0.4393				

表 5.1 (b) 1次細分区域毎の高度補正を利用した CDD22 の推定法で必要となる係数と CDD22 が下記基準値以下となるときの高さ h (その 2)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	CDD22 <sub>0m</sub>	c	d	CDD22が下記基準値以下となるときの高さh(m)			
						1000	750	500	250
栃木県	南部	6	229	0.0003	0.4903				
群馬県	北部	6	266	0.0003	0.5240				32
群馬県	南部	7	291	0.0002	0.4848				88
埼玉県	北部	4	281	0.0002	0.4619				70
埼玉県	秩父地方	1	308	0.0002	0.5198				117
埼玉県	南部	3	285	0.0002	0.4665				78
東京都	東京地方	7	307	0.0002	0.5036				119
東京都	伊豆諸島北部	2	262	0.0002	0.5189				24
東京都	伊豆諸島南部	2	355	0.0003	0.6816				167
東京都	小笠原諸島	1	818	0.0005	1.2760		55	280	575
千葉県	北東部	4	224	0.0002	0.4579				
千葉県	北西部	5	254	0.0002	0.4515				9
千葉県	南部	5	246	0.0002	0.4730				
神奈川県	東部	4	264	0.0002	0.4755				30
神奈川県	西部	1	266	0.0002	0.4678				35
長野県	北部	7	297	0.0002	0.5164				95
長野県	中部	12	363	0.0002	0.6033				201
長野県	南部	10	342	0.0003	0.6166				162
山梨県	中・西部	6	383	0.0002	0.6051				239
山梨県	東部・富士五	4	344	0.0002	0.5802				173
静岡県	東部	3	304	0.0003	0.5613				102
静岡県	伊豆	4	268	0.0003	0.5462				34
静岡県	中部	5	318	0.0002	0.5808				123
静岡県	西部	5	331	0.0003	0.6074				144
愛知県	西部	6	352	0.0002	0.5772				190
愛知県	東部	5	312	0.0003	0.5804				114
岐阜県	飛騨地方	10	294	0.0003	0.5669				82
岐阜県	美濃地方	13	333	0.0003	0.6092				147
三重県	北中部	6	333	0.0003	0.6063				148
三重県	南部	6	302	0.0003	0.5567				99
新潟県	下越	8	183	0.0002	0.3908				
新潟県	佐渡	4	176	0.0002	0.4006				
新潟県	中越	9	203	0.0002	0.3862				
新潟県	上越	6	228	0.0002	0.4233				
富山県	西部	5	226	0.0003	0.4773				
富山県	東部	4	233	0.0002	0.4520				

表 5.1(c) 1次細分区域毎の高度補正を利用した CDD22 の推定法で必要となる係数と CDD22 が下記基準値以下となるときの高さ (その3)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	CDD22 <sub>min</sub>	c	d	CDD22が下記基準値以下となるときの高さh(m)			
						1000	750	500	250
石川県	能登	5	200	0.0002	0.4170				
石川県	加賀	5	257	0.0002	0.5134				14
福井県	嶺北	6	262	0.0002	0.4902				25
福井県	嶺南	3	285	0.0002	0.5066				72
滋賀県	北部	4	282	0.0002	0.5116				65
滋賀県	南部	4	289	0.0003	0.5688				72
京都府	北部	5	271	0.0003	0.5271				41
京都府	南部	3	343	0.0002	0.5581				178
大阪府	大阪府	7	363	0.0002	0.5775				212
兵庫県	北部	5	271	0.0002	0.5105				42
兵庫県	南部	14	326	0.0002	0.5563				145
奈良県	北部	4	318	0.0002	0.5618				127
奈良県	南部	2	288	0.0003	0.6145				64
和歌山県	北部	6	343	0.0003	0.6034				169
和歌山県	南部	5	338	0.0003	0.6111				156
岡山県	北部	7	288	0.0003	0.5755				69
岡山県	南部	8	334	0.0002	0.5688				157
広島県	北部	5	263	0.0003	0.5328				25
広島県	南部	13	315	0.0002	0.5455				125
島根県	隠岐	2	217	0.0002	0.4475				
島根県	東部	6	268	0.0002	0.5029				37
島根県	西部	8	265	0.0003	0.5351				29
鳥取県	西部	5	240	0.0003	0.4964				
鳥取県	東部	4	227	0.0002	0.4639				
徳島県	北部	4	346	0.0003	0.6063				174
徳島県	南部	4	300	0.0002	0.5629				92
香川県	香川県	6	339	0.0002	0.5747				165
愛媛県	東予	5	355	0.0002	0.5679				199
愛媛県	中予	2	377	0.0002	0.5882				235
愛媛県	南予	7	329	0.0003	0.6173				138
高知県	中部	5	322	0.0003	0.6083				127
高知県	東部	2	356	0.0003	0.6397				182
高知県	西部	8	327	0.0003	0.6228				133
山口県	北部	5	274	0.0003	0.5293				47
山口県	中部	4	304	0.0003	0.5884				97
山口県	西部	2	274	0.0003	0.5296				47



表 5.1 (d) 1次細分区域毎の高度補正を利用したCDD22の推定法で必要となる係数とCDD22が下記基準値以下となるときの高さh(m)の4)

都道府県名	1次細分区域名	地点数	CDD22 <sub>m</sub>	c	d	CDD22が下記基準値以下となるときの高さh(m)			
						1000	750	500	250
山口県	東部	4	303	0.0002	0.5679				97
福岡県	北九州地方	2	328	0.0003	0.5930				142
福岡県	筑豊地方	2	325	0.0002	0.5637				141
福岡県	福岡地方	4	329	0.0002	0.5714				146
福岡県	筑後地方	4	362	0.0003	0.6200				200
大分県	北部	4	298	0.0003	0.5697				89
大分県	西部	4	372	0.0003	0.6301				216
大分県	中部	2	264	0.0003	0.5866				25
大分県	南部	4	319	0.0003	0.6156				119
長崎県	杵岐・対馬	3	263	0.0003	0.5376				25
長崎県	北部	3	331	0.0003	0.5931				148
長崎県	南部	6	366	0.0003	0.6327				203
長崎県	五島	2	334	0.0003	0.5972				153
佐賀県	北部	2	302	0.0003	0.5842				94
佐賀県	南部	3	365	0.0003	0.6249				205
熊本県	熊本地方	7	369	0.0003	0.6603				199
熊本県	阿蘇地方	4	350	0.0003	0.6628				163
熊本県	球磨地方	2	372	0.0003	0.6954				192
熊本県	天草・芦北地	4	376	0.0003	0.6687				208
宮崎県	北部山沿い	4	335	0.0003	0.6540				139
宮崎県	北部平野部	5	349	0.0003	0.6534				164
宮崎県	南部平野部	4	411	0.0003	0.6737				272
宮崎県	南部山沿い	3	440	0.0002	0.6482				326
鹿児島県	薩摩地方	12	421	0.0003	0.6899				283
鹿児島県	大隅地方	6	416	0.0002	0.6885				261
鹿児島県	種子島・屋久	4	518	0.0003	0.8181			23	381
鹿児島県	奄美地方	4	740	0.0004	1.0761			246	581
沖縄県	本島北部	4	773	0.0004	1.1204		21	270	592
沖縄県	本島中南部	3	788	0.0004	1.1591		34	275	581
沖縄県	久米島	1	913	0.0004	1.2336		139	383	694
沖縄県	大東島地方	1	908	0.0004	1.2401		134	375	680
沖縄県	宮古島地方	3	971	0.0004	1.3370		175	401	676
沖縄県	与那国島地方	1	1073	0.0005	1.4809	51	238	458	742
沖縄県	石垣島地方	5	994	0.0004	1.3855		187	404	665

ここで、高度補正を利用した CDD22 の推定法の精度について検証する。拡張アメダス気象データ収録のアメダス地点における CDD22 と各 1 次細分区域における  $\overline{\text{CDD22}}_{0m}$ 、係数  $c$ 、 $d$  を式 5.1(d) に適用し推定した  $\text{CDD22}_{\text{est}}$  との相関を図 5.1(h) に示す。図より比較的高い相関関係をみることができる。比較対象として  $\text{CDD22}_{\text{est}}$  を緯度及び標高を説明変数とする重回帰式で推定した結果による同様の図を図 5.1(i) に示すが、高度補正を利用した CDD22 の推定法による推定精度が高いことが分かる。これらより、本推定法による推定が十分な推定精度にあると言える。また、図 5.1(j) に  $\text{CDD22}_{\text{est}}$  の日本全国の分布、図 5.1(k) に残差の分布を示し、これら図による推定精度の検証についても行う。図 5.1(j) より、日本全国の CDD22 の分布を表した図 3.1.1(d) と類似した分布傾向が確認できる。図 5.1(k) から日本全国において比較的残差が少ない推定が行われていることが分かる。よって、本論では高度補正を利用した CDD22 の推定法を CDD22 の適切な推定法として提案する。

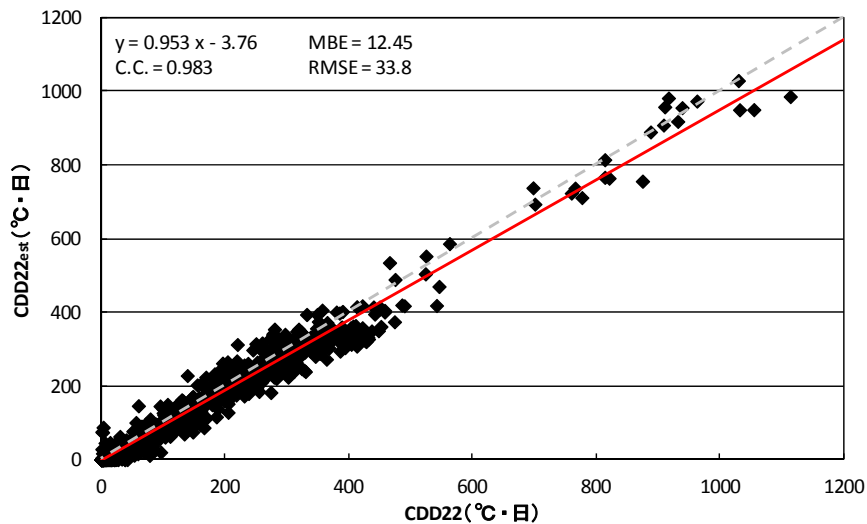


図 5.1(h) CDD22 と高度補正を利用した推定法による  $\text{CDD22}_{\text{est}}$  の相関図

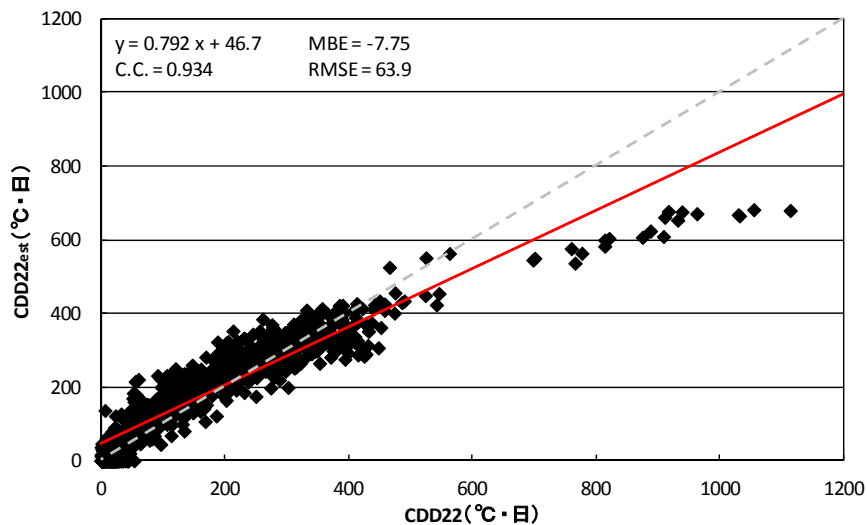


図 5.1(i) CDD22 と緯度・標高を説明変数とする重回帰式による  $\text{CDD22}_{\text{est}}$  の相関図

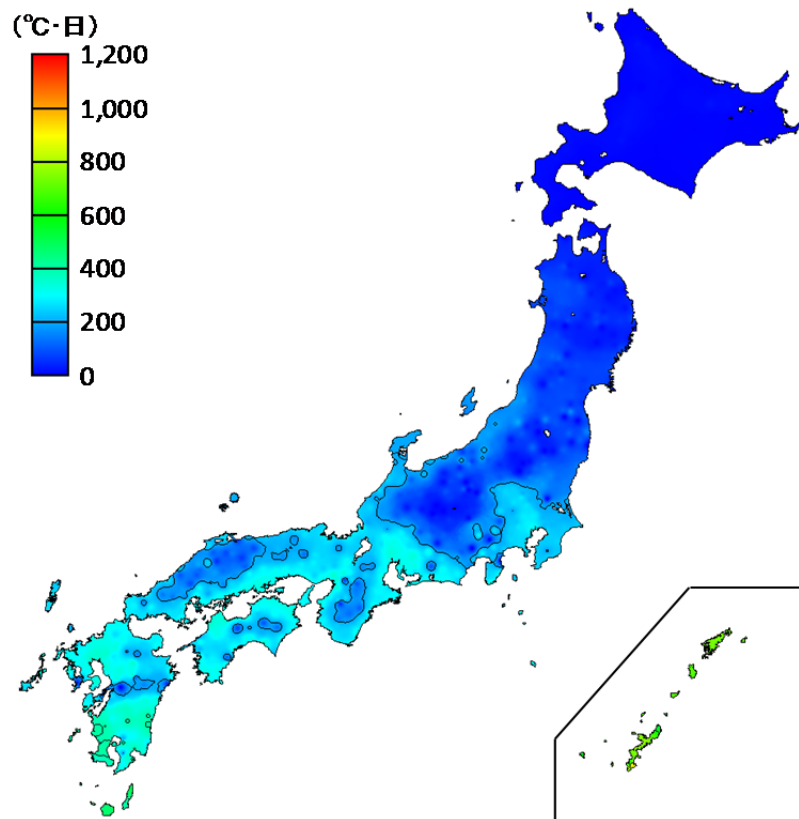


図 5.1(j) 高度補正を利用した推定法による CDD22<sub>est</sub> の分布

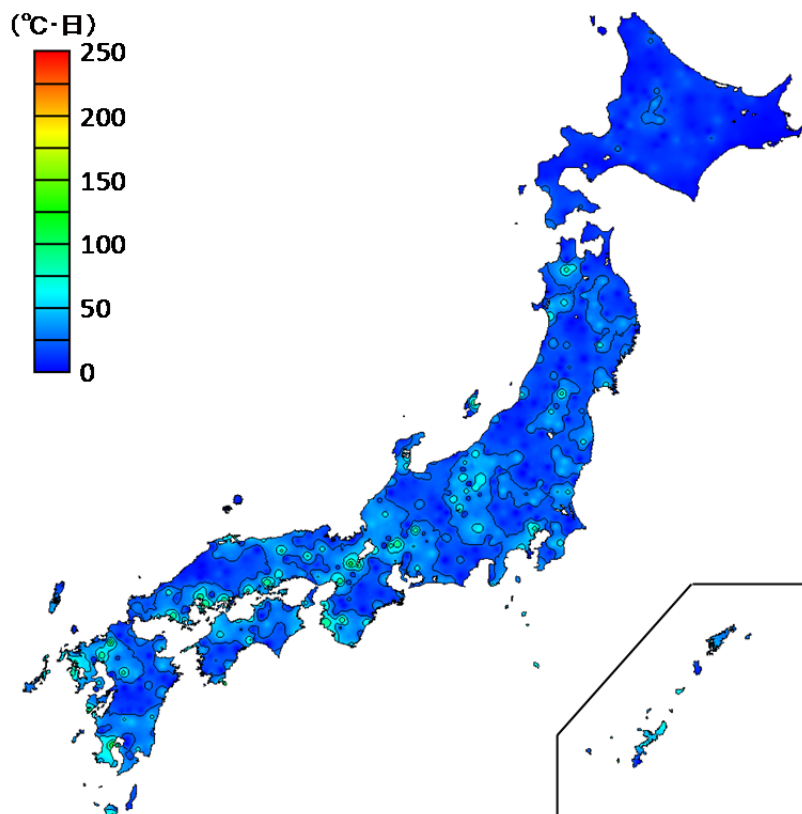


図 5.1(k) 高度補正を利用した推定法の残差分布

## 5-2. 冷房度日推定値による地域区分

前節において高度補正を利用した CDD22 の推定法を確立した。本節では CDD22<sub>est</sub> による地域の区分を検証する。前述したように CDD22 のみを対象とした地域区分法の提案は行わないので、ここで示す区分については暖冷房負荷を考慮した地域区分法における前段階としての位置付けであり、CDD22 の適切な区分範囲の設定とその確認を試みる。

### 5-2-1. 冷房度日の区分範囲

CDD22 により地域を区分するにあたり、HDD18 の区分同様に CDD22 に区分範囲を設けなければならない。そこで、暖房負荷と HDD18 の相関及び冷房負荷と CDD22 の相関から適切な CDD22 の区分範囲設定を試みる。図 5.2.1(a) に暖房負荷と HDD18 の相関、図 5.2.1(b) に冷房負荷と CDD22 の相関を示す。なお、それぞれの図で示す暖房負荷及び冷房負荷については、2 章で概要を示す住宅事業建築主の判断基準の住宅モデル[3]を対象として SMASH[4]を用いて算定する。

図 5.2.1(a) から HDD18 の区分範囲として設けた 500°C・日間隔に対応する暖房負荷の間隔が約 10000MJ であることが分かる。つまり、地域を区分するにあたって HDD18 を 500°C・日間隔として区分することは、暖房負荷が約 10000MJ の範囲にある地域を一つの区分される地域として捉えることとなる。

この暖房負荷における約 10000MJ の間隔について、図 5.2.1(b) から暖房負荷を冷房負荷として置き換えた場合に対応する CDD22 の間隔を検証する。図より冷房負荷の約 10000MJ に対応する CDD22 の間隔が 250°C・日であることが分かる。これより、暖房負荷及び冷房負荷の両者を考慮した地域区分法を提案することを鑑みて、地域区分での暖房負荷及び冷房負荷の意味合いが同程度、つまり区分での両者の負荷範囲が同等となる 250°C・日間隔を CDD22 の区分範囲として設定する。

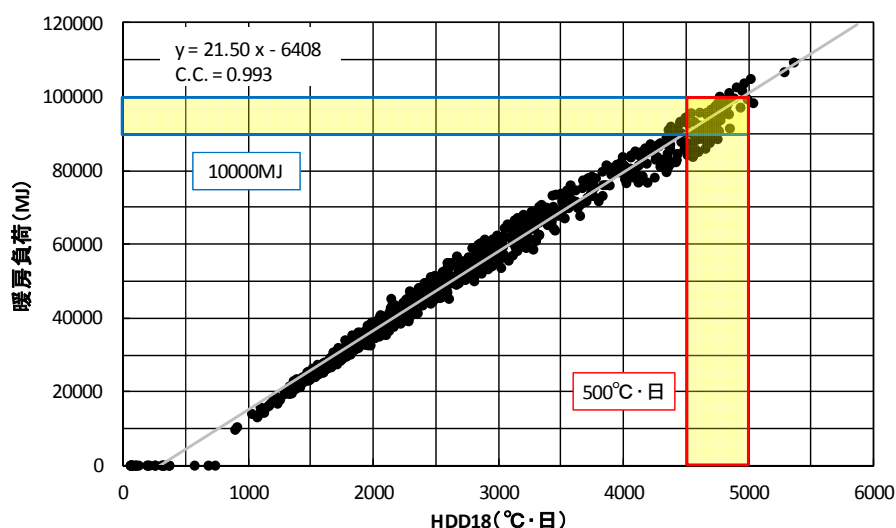


図 5.2.1(a) 暖房負荷と HDD18 の相関図 (500°C・日間隔における暖房負荷)

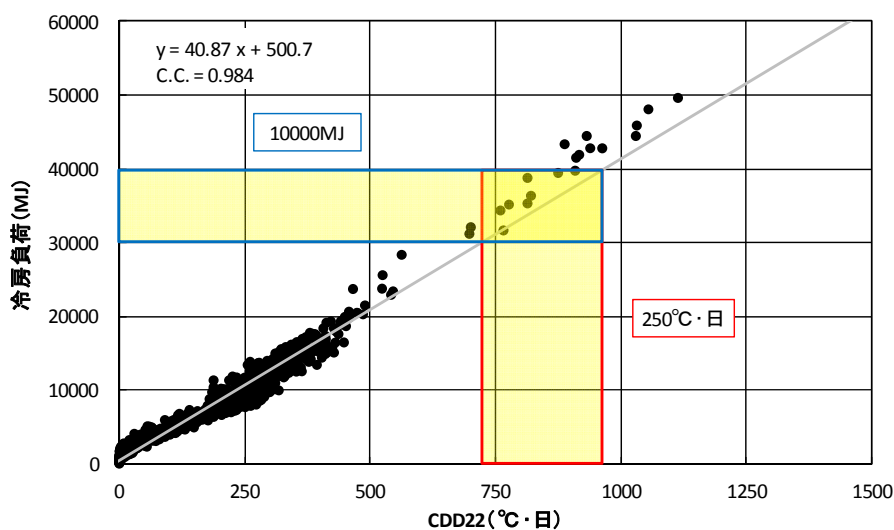


図 5.2.1 (b) 冷房負荷と CDD22 の相関図 (10000MJ 間隔における CDD22)

### 5-2-2. 冷房度日推定値による地域区分の適用例

ここまで、高度補正を利用した CDD22 の推定法の確立、並びに CDD22 についての区分範囲の設定を行った。本節では、高度補正を利用した CDD22 の推定法による推定を実際の地域に適用し、CDD22 の区分範囲を 250°C・日間隔とした場合の各地域の区分状況について考察する。対象地域は、前章において高度補正を利用した HDD18 の推定法の適用を検証した 6 都市(北海道中頓別町、東京都、奈良県生駒市、高知県南国市、鹿児島県霧島市、沖縄県名護市)とする。それぞれの地域における 1 次細分区域は、図 5.1(g)で示す区域であり、式 5.1(d)に表 5.1(a)から表 5.1(d)にまとめられた  $\overline{CDD22}_{om}$ 、係数 a、b を適用して CDD22 を推定する。

前章同様に基盤地図情報の 10m メッシュデータ[5]を用いて、北海道中頓別町における緯度経度方向 100m のグリッドの標高データを整備し、式 5.1(d)に標高を代入することで推定される  $CDD22_{est}$  を図 5.2.2(a)に示す。さらに、表 5.2.2 に示す CDD22 を 250°C・日間隔で区切った区分範囲に従って推定される  $CDD22_{est}$  を区分した図を図 5.2.2(b)に表す。また、北海道中頓別町における図 5.2.2(a)及び図 5.2.2(b)同様に、東京都については図 5.2.2(c)及び図 5.2.2(d)、奈良県生駒市については図 5.2.2(e)及び図 5.2.2(f)、高知県南国市については図 5.2.2(g)及び図 5.2.2(h)、鹿児島県霧島市については図 5.2.2(i)及び図 5.2.2(j)、沖縄県名護市については図 5.2.2(k)及び図 5.2.2(l)にそれぞれの  $CDD22_{est}$  と  $CDD22_{est}$  による区分の詳細を示す。図 5.2.2(a)から図 5.2.2(l)により示される 6 都市の  $CDD22_{est}$  の傾向等について考察し以下に述べる。

表 5.2.2 CDD22 による区分範囲と Color Scale

CDD22	250°C・日未満	250°C・日～500°C・日	500°C・日～750°C・日	750°C・日～1000°C・日
Color Scale				

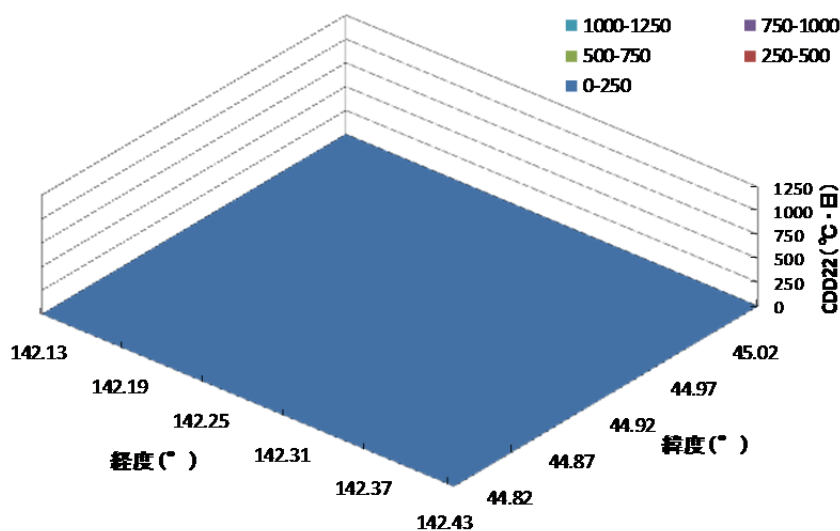


図 5. 2. 2(a) 北海道中頓別町の CDD22<sub>est</sub>



図 5. 2. 2(b) 北海道中頓別町の CDD22<sub>est</sub> による地域区分

北海道中頓別町の 1 次細分区域は北海道宗谷地方である。高度補正を利用した CDD22 の推定法では北海道宗谷地方に推定式が用意されていない。これは、推定法において任意標高を考慮するために基準値とする  $\overline{CDD22}_{0m}$  が  $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  だからである。CDD22<sub>0m</sub> が元々  $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  である地域では標高の上昇に伴った CDD22 の減少は起こらない。よって、中頓別町では図 5.2.2(a)に示すように全域において CDD22<sub>est</sub> が  $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  となり、CDD22<sub>est</sub> はすべて図 5.2.2(b)に表す  $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  未満の区分となる。このように中頓別町のような高緯度地域においては CDD22<sub>est</sub> が比較的小さく、すべて  $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  未満の区分となるため、CDD22<sub>est</sub> によって複数に区分される地域はみられない。

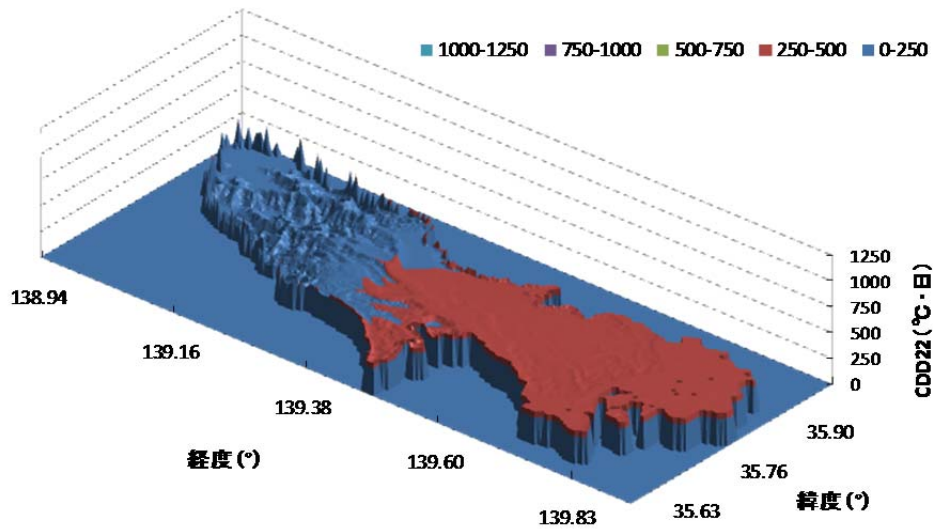


図 5. 2. 2 (c) 東京都の CDD22<sub>est</sub>



図 5. 2. 2 (d) 東京都の CDD22<sub>est</sub> による地域区分

東京都では図 5.2.2(d)から分かるように CDD22<sub>est</sub> によって湾岸に広がる平野の都市部周辺と山間部の大きく二つに区分される。HDD18<sub>est</sub> による区分を示した図 4.5(i)と比較すると、HDD18<sub>est</sub> によって複数に区分される山間部及び湾岸に広がる平野の都市部周辺と山間部の中間に位置する地域が CDD22<sub>est</sub> ではまとまった区分となっていることを確認できる。このように HDD18 による区分と CDD22 による区分では区分される地域が異なることが分かった。住宅の空調熱負荷において暖房負荷が支配的であることから東京都における冷房負荷の範囲が暖房負荷の範囲と比較して小さく、CDD22<sub>est</sub> による区分数が少なくなったと推察される。

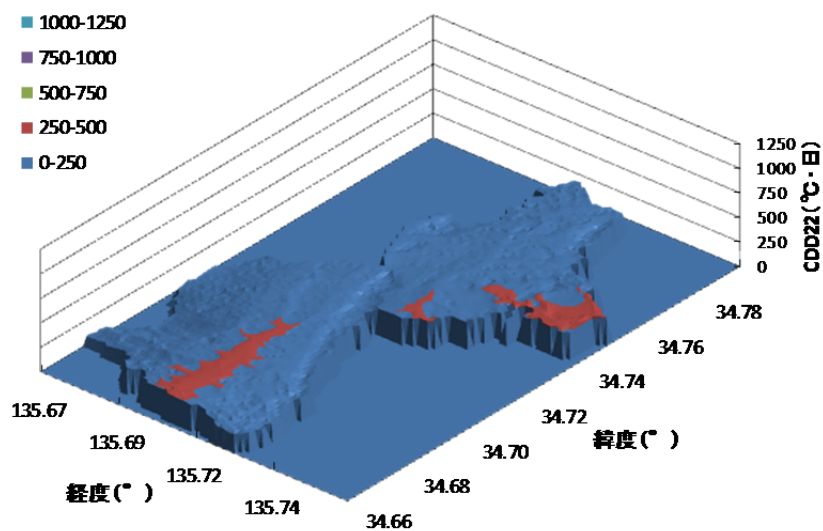


図 5. 2. 2 (e) 奈良県生駒市の CDD22<sub>est</sub>

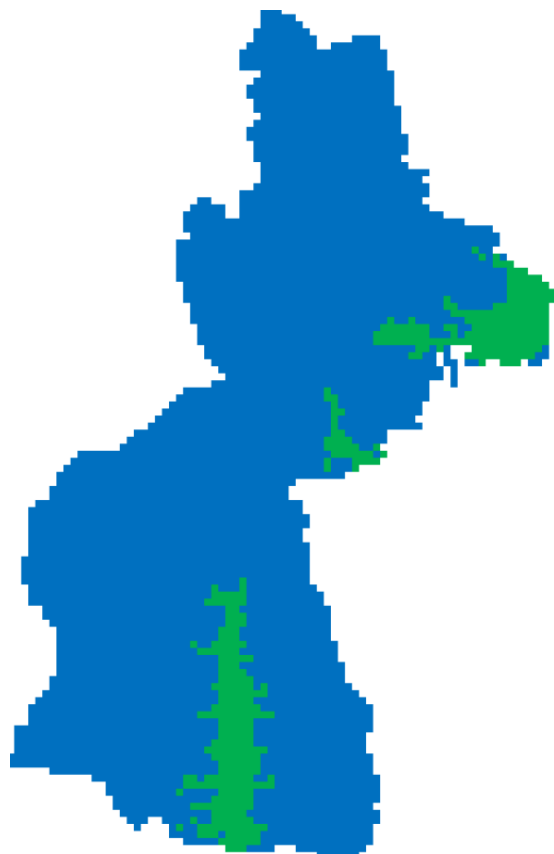


図 5. 2. 2 (f) 奈良県生駒市の CDD22<sub>est</sub> による地域区分

奈良県生駒市については、東京都同様に CDD22<sub>est</sub> により二つに区分される。主に 250°C・日未満の区分となるが、比較的標高の低い一部の地域で 250°C・日を上回る区分となる。250°C・日を上回る区分は、HDD18<sub>est</sub> による IV<sub>a</sub> 地域のさらなる区分とみることができる。



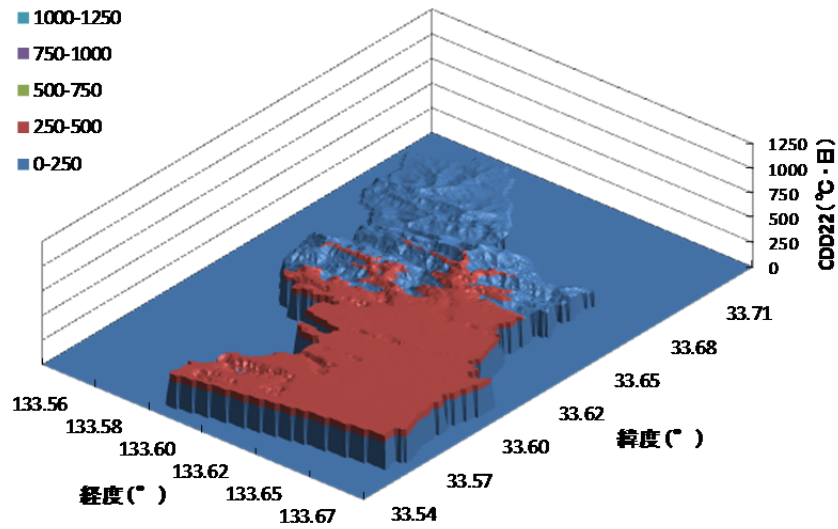


図 5. 2. 2 (g) 高知県南国市の CDD22<sub>est</sub>

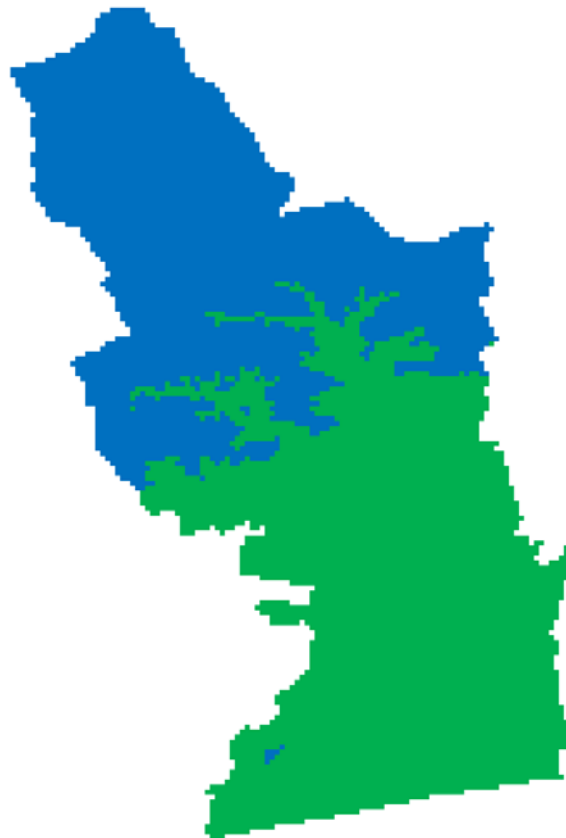


図 5. 2. 2 (h) 高知県南国市の CDD22<sub>est</sub> による地域区分

高知県南国市についても東京都同様に山間部と平野部の大きく二つに区分される。HDD18<sub>est</sub> による区分で見られた山間部の複数の区分が、CDD22<sub>est</sub> による区分ではまとめられていることも東京都における区分と共通した事項である。

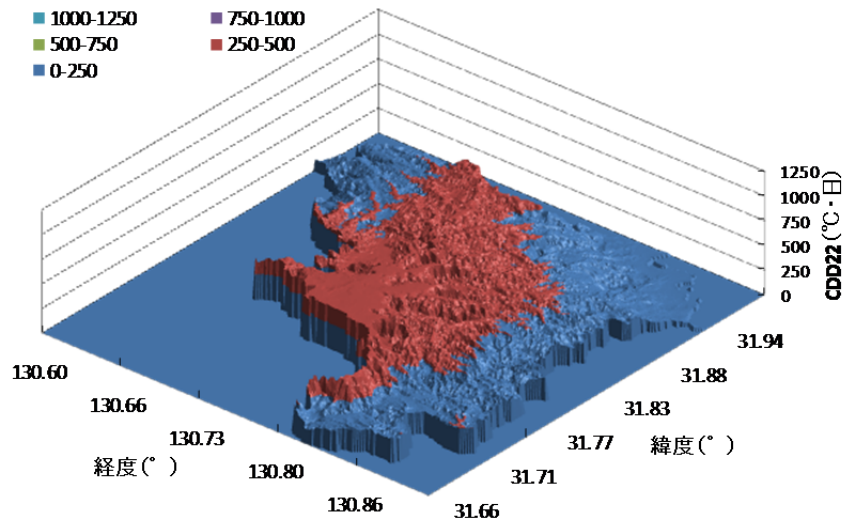


図 5. 2. 2 (i) 鹿児島県霧島市の CDD22<sub>est</sub>

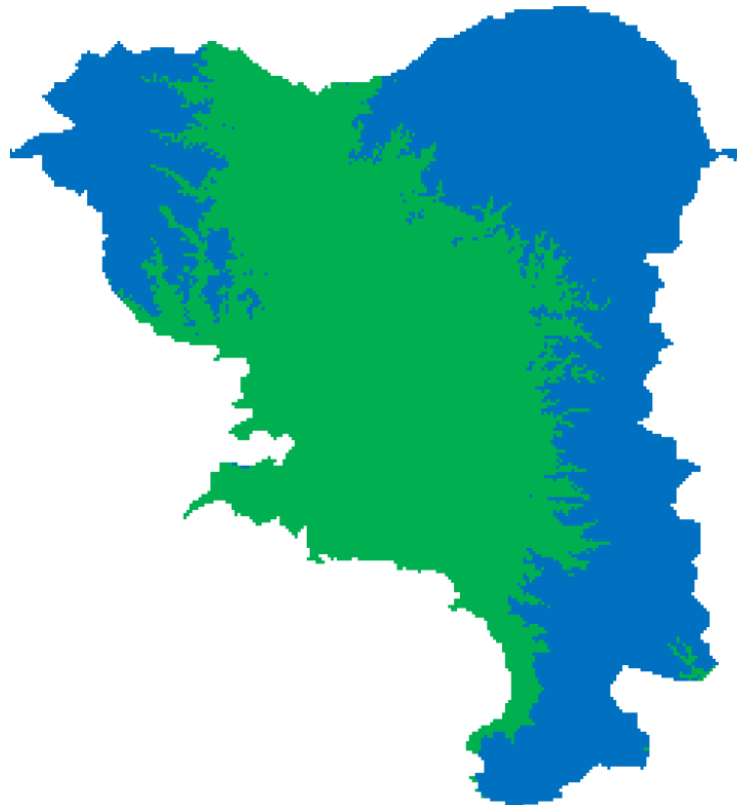


図 5. 2. 2 (j) 鹿児島県霧島市の CDD22<sub>est</sub> による地域区分

鹿児島県霧島市についても東京都及び高知県南国市同様に山間部と平野部の大きく二つに区分される。HDD18<sub>est</sub> による区分でみられた山間部の複数の区分が、CDD22<sub>est</sub> による区分ではまとめられていることも共通した事項である。なお、霧島市については上記した地域より低緯度であり、 $\overline{CDD22_{0m}}$  が大きく 250°C・日を上回る地域も多くみられる。

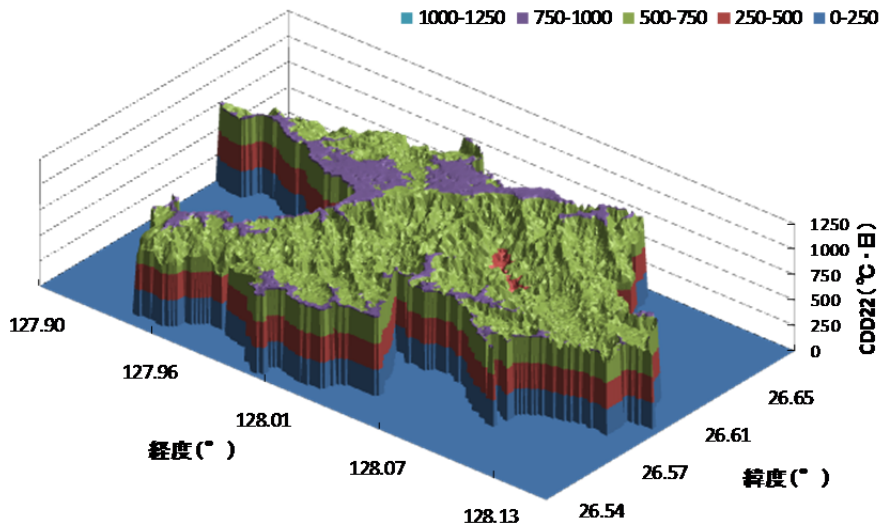


図 5. 2. 2 (k) 沖縄県名護市の CDD22<sub>est</sub>

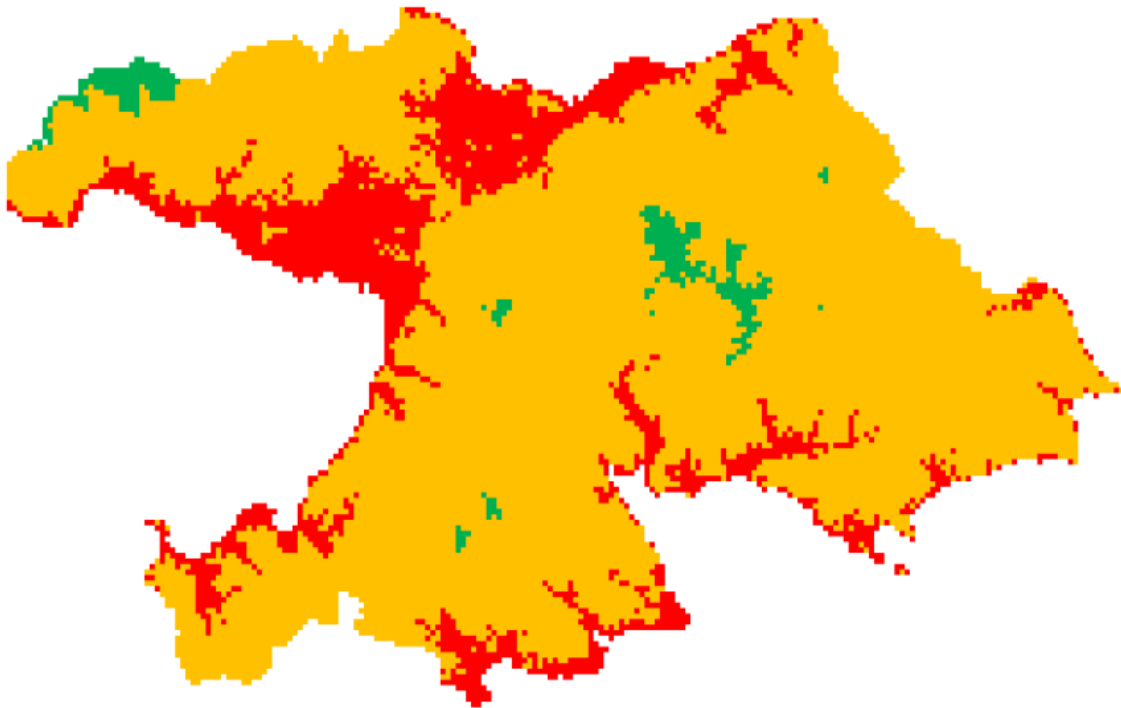


図 5. 2. 2 (l) 沖縄県名護市の CDD22<sub>est</sub> による地域区分

沖縄県名護市についての CDD22<sub>est</sub> による区分を確認する。図 5.2.2(l)からはこれまでに考察した他の 5 都市と異なる傾向がみられる。図 4.5(y)に示す HDD18<sub>est</sub> による区分ではほとんど区分されなかった地域だが、CDD22<sub>est</sub> による区分では三つの区分が確認できる。名護市のような南西諸島の地域においては、空調熱負荷において冷房負荷が主体的であるためこのような傾向が示されたと推察される。HDD18<sub>est</sub> によってほとんど区分されない地域での CDD22<sub>est</sub> による三つの区分は、CDD22<sub>est</sub> による区分の必要性を示す結果と言える。

### 5-3. 暖冷房度日による地域区分

HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> によるそれぞれの区分範囲に従った地域の区分を前節までに示した。本節ではこれら二つの推定値による区分を組み合わせて考えることで、暖房負荷及び冷房負荷を考慮した地域区分法としての最適な地域の区分を提案する。前節までに示した HDD18 と CDD22 の区分範囲に従ったときの各区分におけるアメダス地点数の分布を表 5.3(a) に示す。なお、HDD18 の区分については、基本的には現在用いられる地域区分による区分範囲を示すが、詳細な区分の傾向を考察するため一部変更して表 5.3(a) に示す。具体的には、住宅の省エネルギー基準や住宅事業建築主の判断基準における地域区分で用いられる最小の 500°C・日区切りによって均等な間隔での区分とする。これにより、現在の地域区分における I 地域及び V 地域をそれぞれさらに区分している。

表 5.3(a) より HDD18 と CDD22 により細分化された各区分にアメダス地点が分散している様子を見ることが出来る。さらに、現在の地域区分において用いられる HDD18 による区分では同じ地域に区分される場合であっても、CDD22 による区分を組み合わせることで複数に区分されることを確認できる。

ここで、表 5.3(a) に示す各区分に存在するアメダス地点の年間の暖房負荷、冷房負荷を平均し、その合計を各区分の暖冷房負荷の平均値として 100000MJ を 1 とした比率で図 5.3(a) に示す。図から HDD18 の区分により暖房負荷の比率が区分され、CDD22 の区分により冷房負荷の比率が区分されていることが分かる。HDD18 が大きな区分へ移るに従い概ね一定の比率で暖房負荷の増加が確認でき、CDD22 が大きな区分へ移るに従って冷房負荷の増加が確認できる。よって、HDD18 と CDD22 による区分が適切に行われていると判断する。また、図からは現在の地域区分において HDD18 の区分のみで同じ区分とされていた地域に関して、暖房負荷と冷房負荷の比率にいくつかの組み合わせがみられる。従って、任意地点の暖房負荷及び冷房負荷両者による傾向に対して適切な省エネルギー対策を講じるための地域区分としては、暖房負荷及び冷房負荷を考慮した HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域の区分が望ましいと言える。

続いて標高に応じた HDD18 と CDD22 による各区分のアメダス地点の変遷について分析する。本論ではこれまで地域区分への標高の関係性について述べてきた。表 5.3(a) に示す HDD18 と CDD22 による各区分のアメダス地点の分布は各地点標高によるものである。これまでの考察から標高に応じて HDD18 及び CDD22 が変化することが分かっている。そこで、標高に応じて HDD18 及び CDD22 が変化したときの各区分におけるアメダス地点の分布を標高別に図 5.3(b) に示してその変遷を確認する。図より標高が高くなるに連れて HDD18 が大きい図右へ、CDD22 が小さい図上へアメダス地点の分布が変化する様子が見られる。このアメダス地点の分布変化を確認することで、HDD18 と CDD22 による区分に二つの傾向があることが分かった。一つは一度も利用されない区分があること、もう一つは HDD18 または CDD22 のみにより区分できる箇所があることである。HDD18 と CDD22 による区分にあたっては、これら傾向については留意しなければならない。

表 5.3(a) HDD18 と CDD22 によるアメダス地点数の分布

CDD22 (°C・日)	HDD18 (°C・日)												計
	0 ~ 500	500 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 2000	2000 ~ 2500	2500 ~ 3000	3000 ~ 3500	3500 ~ 4000	4000 ~ 4500	4500 ~ 5000	5000 ~ 5500	計	
0 ~ 250	0	0	2	25	113	105	108	59	67	70	4	553	
250 ~ 500	1	3	55	151	54	0	0	0	0	0	0	264	
500 ~ 750	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
750 ~ 1000	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
1000 ~ 1250	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
計	23	5	58	176	167	105	108	59	67	70	4	842	

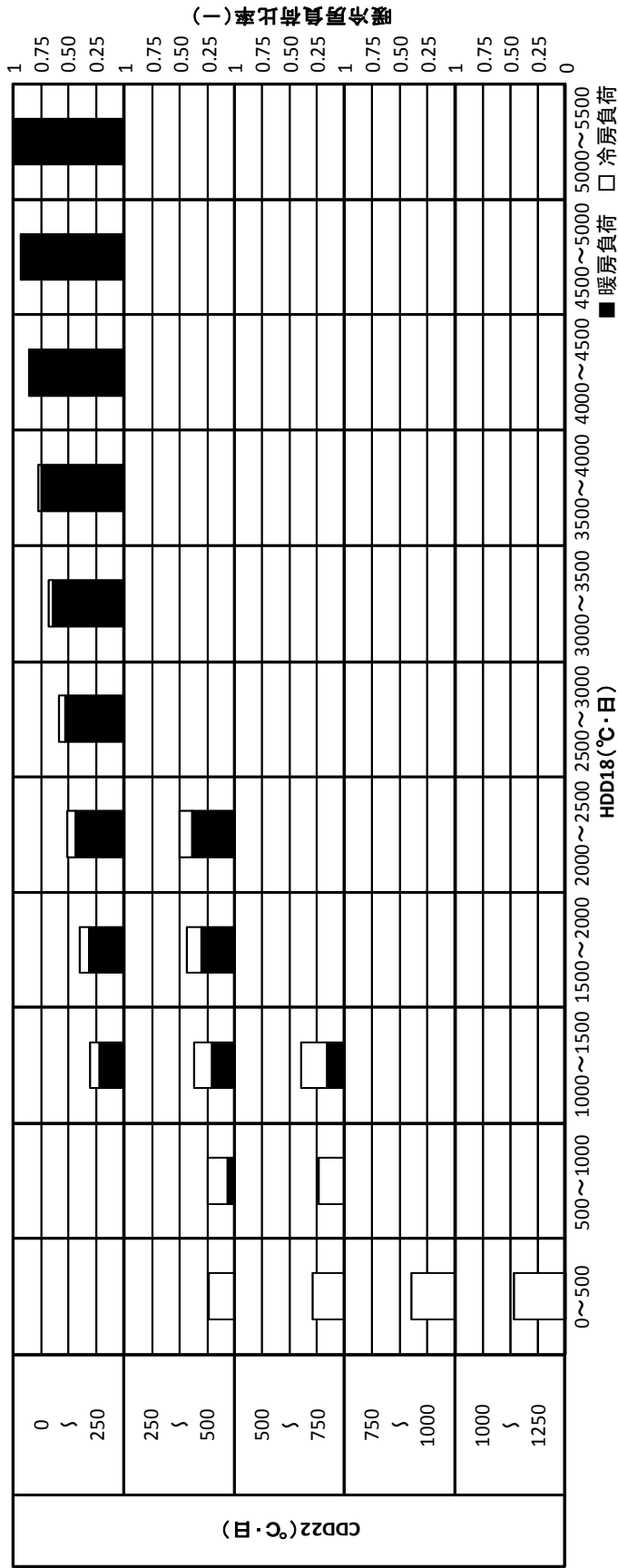


図 5.3(a) HDD18 と CDD22 による暖冷房負荷比率の区分

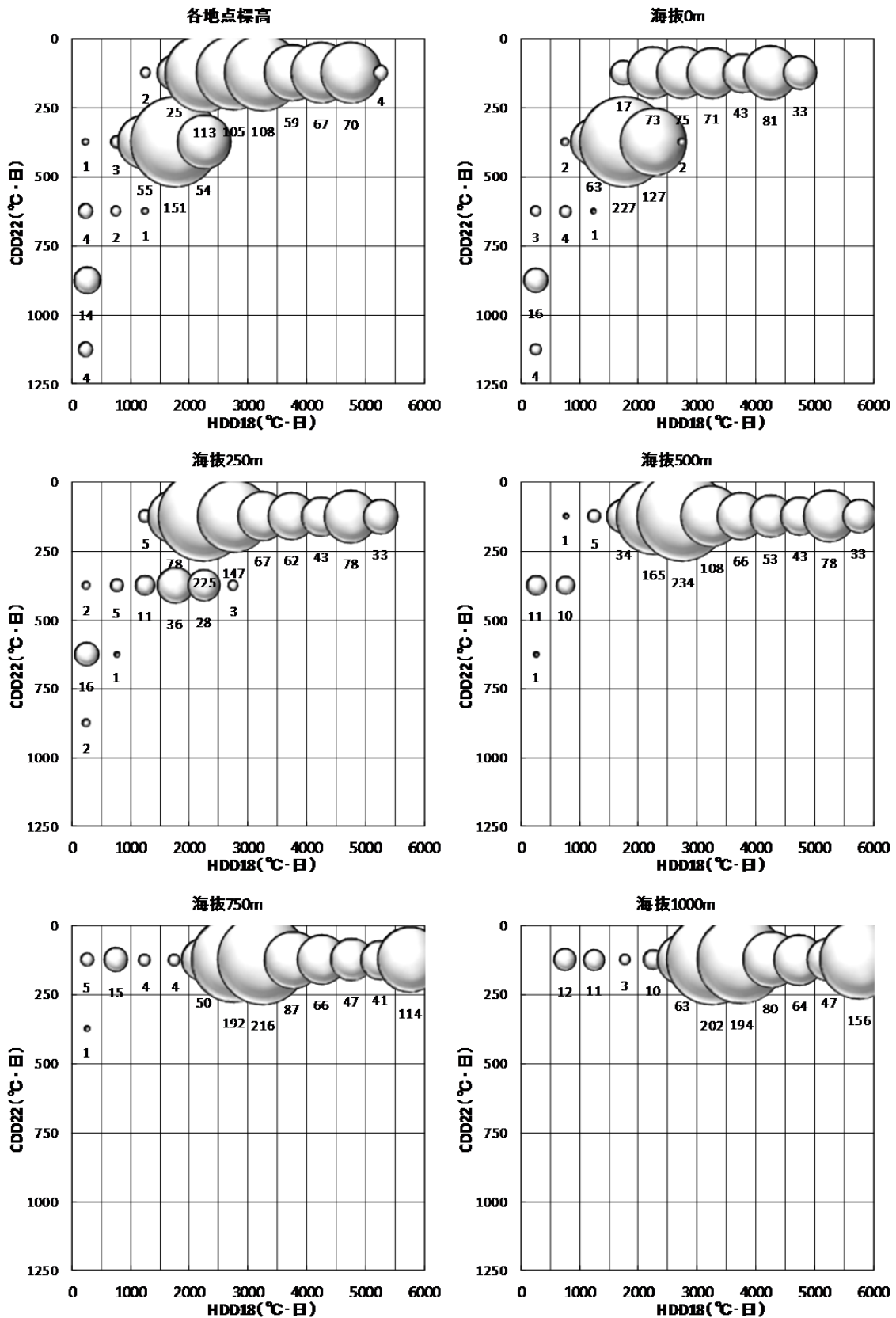


図 5.3 (b) 標高別の HDD18 と CDD22 によるアメダス地点数の分布

図 5.3(b)から HDD18 と CDD22 による区分において分かった特徴を踏まえて、アメダス地点が存在し得る各区分に対して番号を付記して表 5.3(b)に示す。①から⑱は各アメダス地点の標高にあるときの HDD18 と CDD22 によって利用される各区分を表し、❶から❸はそれ以外の任意標高による HDD18 と CDD22 によって利用される各区分を表す。番号が付記されない HDD18 と CDD22 による区分については一度も利用されることのない区分である。つまり、HDD18 と CDD22 による区分では計 22 区分に区別されることとなる。これは、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分では 6 区分、住宅事業建築主の判断基準における地域区分であっても 8 区分であることを考えると、現状の 2 倍、3 倍の区分数となってしまう。区分数増加は 2 気候指標による区分であることを考慮すると、ある程度仕方がない部分ではあるが、それでも現状の 2 倍、3 倍の区分数となると地域区分の煩雑化を招く恐れがあるため区分数の縮小を検討しなければならない。暖房負荷及び冷房負荷の負荷特性が類似する区分が存在し得ることが推察されるので、これら類似する区分同士をグルーピングし HDD18 と CDD22 による区分を整理する方法を検討する。

また、図 5.3(c)に示すように⑤から⑨(左図青部分)については CDD22 による場合分けが存在しないため HDD18 のみの区分が可能である。同様に⑱、⑲(左図赤部分)についても HDD18 による場合分けが存在しないため CDD22 のみの区分が可能である。図 5.3(a)から暖冷房負荷の比率を確認すると、それぞれほぼ暖房負荷のみあるいは冷房負荷のみの区分となっていることが確認できる。暖房負荷のみであれば HDD18 による区分、冷房負荷のみであれば CDD22 による区分は理に適っている。よって、⑤から⑨及び⑱、⑲については右図に色分けするようにそれぞれ HDD18 及び CDD22 のみを用いて区分する。図 5.3(c)において残りの黄色で示される部分が HDD18 と CDD22 によって区分がなされる部分となる。図 5.3(a)に示す暖冷房負荷の比率からも暖房負荷及び冷房負荷が混在する部分であることが確認できる。次にこの黄色で示す部分の区分について整理する。

表 5.3 (b) HDD18 と CDD22 による区分 (各区分番号付記)

		HDD18 (°C・日)										
		0~500	~1000	~1500	~2000	~2500	~3000	~3500	~4000	~4500	~5000	~5500
CDD22 (°C・日)	0~250	❶	❷	❸	❹	❺	❻	❼	❽	❾	❿	⓫
	~500	⓬	⓭	⓮	⓯	⓰	❸					
	~750	⓱	⓲	⓳								
	~1000	⓴										
	~1250	⓵										

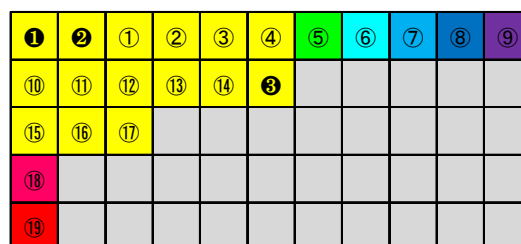
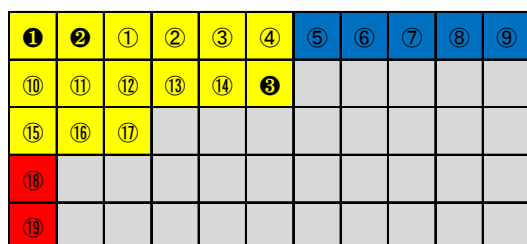


図 5.3 (c) HDD18 (赤) 及び CDD22 (青) のみで区分できる箇所

図 5.3(c)において黄色で示す HDD18 と CDD22 により区分される部分について、図 5.3(a)からはさらに暖冷房負荷比率の傾向が類似する区分がみられる。例えば、⑩と⑮では暖房負荷の比率はほとんどなく、冷房負荷の比率がともに約 0.25 となっている。③と⑭でも同様に類似した暖冷房負荷の比率が表されている。このように類似する区分同士をグルーピングすれば HDD18 と CDD22 による区分を整理することができる。しかし、目測により恣意的に区分をグルーピングすることは適切とは言えない。そこで、図 5.3(c)において黄色で示す HDD18 と CDD22 により区分される部分について、各区分の暖房負荷及び冷房負荷を変数とするクラスター分析[6]を適用し、HDD18 と CDD22 による区分のグルーピングを図る。本論ではクラスター分析の手法のうちウォード法によるクラスター分析を選択する。

図 5.3(d)にクラスター分析を適用した際の HDD18 と CDD22 による区分のグルーピングについて示す。クラスター分析の適用を検討する HDD18 と CDD22 による区分は A.に示す 15 区分である。しかし、クラスター分析を適用するにあたり、各アメダス地点の標高での HDD18 と CDD22 によって区分されない①から⑤については変数として用いる暖房負荷及び冷房負荷が得られない。このため、クラスター分析の適用については B.に示す黄色で示す区分とし、①から⑤についてのグルーピングはクラスター分析後に検討する。

クラスター分析によるグルーピング結果を C.から H.にクラスター数別に示す。クラスター数が少ないと同一のクラスター内の区分における暖冷房負荷の傾向に差が生じてしまう。これを避けるため、ある程度のクラスター数が必要となる。一方で、クラスター数を増やせば増やすほどに地域区分の煩雑化に繋がる。区分のグルーピングはこれら両面に配慮したものでなければならない。概ね H.に示すクラスター数が 7 つまではクラスター数を増やす毎に HDD18 による区分でグルーピングされる傾向をみることができる。また、クラスター数 7 つ以降では①と⑫、②と⑬、③と⑭がそれぞれ異なるグループとして分けられる。ここで、図 5.3(a)における暖冷房負荷比率を確認すると、H.に示すクラスター数が 7 つのとき異なるグループとして分けられる⑩と⑰の暖冷房負荷比率の違いと比較して、それ以降の①と⑫、②と⑬、③と⑭では暖冷房負荷比率の違いが僅かとなっている。本論ではこの暖冷房負荷比率による傾向と地域区分の煩雑化への対応の両面を踏まえて、H.に示すクラスター数を 7 つとするグルーピングを採用する。なお、①から⑤のグルーピングについてはクラスター分析による H.までのグルーピングの傾向とそれぞれの HDD18 と CDD22 による区分範囲に近いアメダス地点の暖冷房負荷比率を鑑みて I.に示す区分とした。この区分に HDD18 及び CDD22 のみによる区分を加えて最終的に表 5.3(c)に示す HDD18 と CDD22 による 14 区分とし、区分に対応する区分範囲と Color Scale を表 5.3(d)にまとめる。

ここまでに HDD18 と CDD22 による区分を提案したので、本節の最後に実際の地域に適用した際の各地域の区分状況について検証する。対象地域は、これまで HDD18、CDD22 の推定法の適用について検証した 6 都市(北海道中頓別町、東京都、奈良県生駒市、高知県南国市、鹿児島県霧島市、沖縄県名護市)とする。表 5.3(d)の区分範囲に従い HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> を区分する。図 5.3(e)から図 5.3(j)にそれぞれの地域区分を示す。



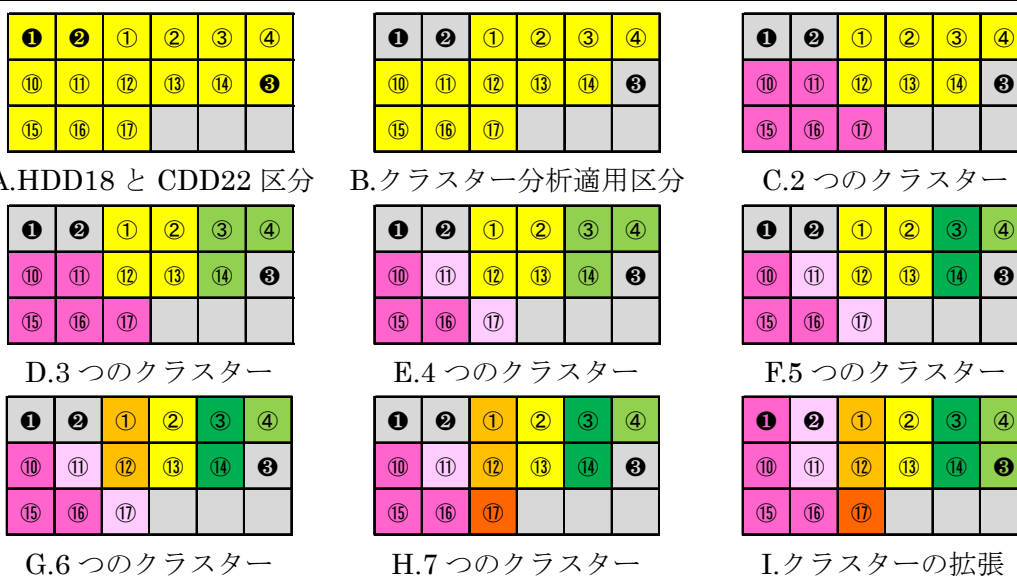


図 5.3 (d) HDD18 と CDD22 による区分のクラスター分析

表 5.3 (c) HDD18 と CDD22 による区分 (クラスター分析利用による分類)

		HDD18 (°C・日)										
		0~500	~1000	~1500	~2000	~2500	~3000	~3500	~4000	~4500	~5000	~5500
CDD22 (°C・日)	0~250	①	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
	~500	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮					
	~750	⑯	⑰	⑱								
	~1000	⑲										
	~1250											

表 5.3 (d) HDD18 と CDD22 による区分範囲と Color Scale

HDD18	CDD22	Color Scale	地域区分
5000°C・日以上	-		I <sub>a</sub>
4500°C・日~5000°C・日	-		I <sub>b</sub>
4000°C・日~4500°C・日	-		I <sub>c</sub>
3500°C・日~4000°C・日	-		I <sub>d</sub>
3000°C・日~3500°C・日	-		II
2500°C・日~3000°C・日	-		III
2000°C・日~2500°C・日	-		IV <sub>a</sub>
1500°C・日~2000°C・日	-		IV <sub>b</sub>
1000°C・日~1500°C・日	500°C・日未満		V <sub>a</sub>
1000°C・日~1500°C・日	500°C・日~750°C・日		V <sub>b</sub>
500°C・日~1000°C・日	500°C・日未満		V <sub>c</sub>
500°C・日~1000°C・日	500°C・日~750°C・日		VI <sub>a</sub>
500°C・日未満	750°C・日未満		
-	750°C・日~1000°C・日		VI <sub>b</sub>
-	1000°C・日以上		VI <sub>c</sub>

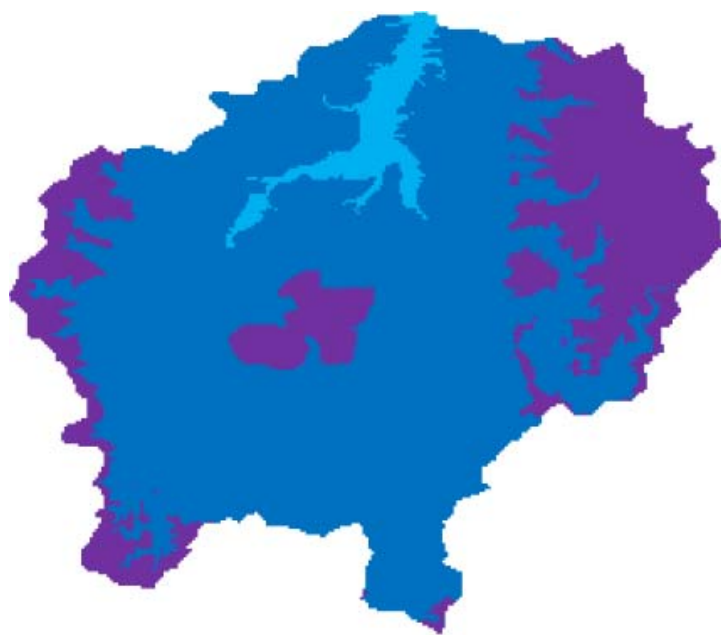


図 5.3(e) 北海道中頓別町の HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分

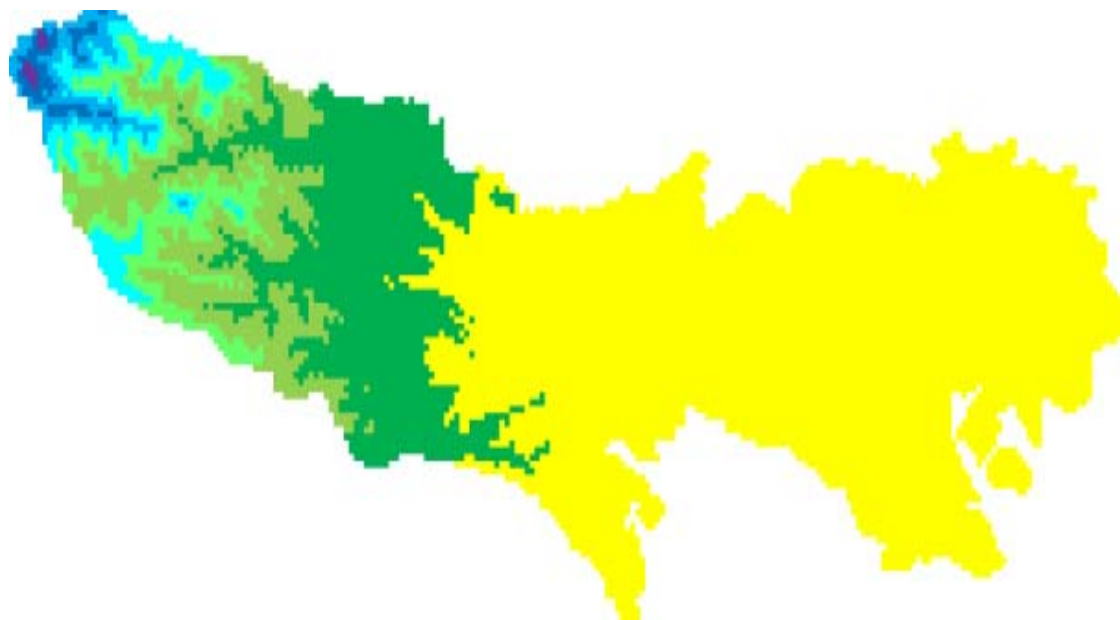


図 5.3(f) 東京都の HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分



図 5.3(g) 奈良県生駒市の HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分

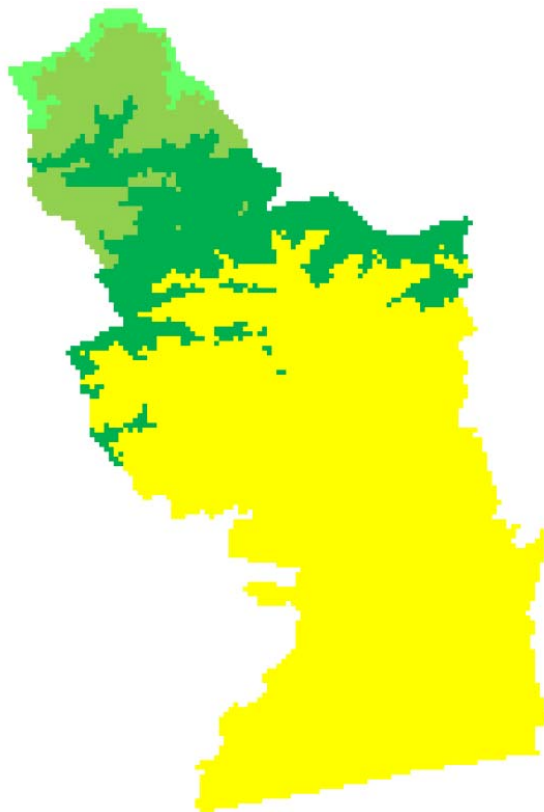


図 5.3(h) 高知県南国市の HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分

---

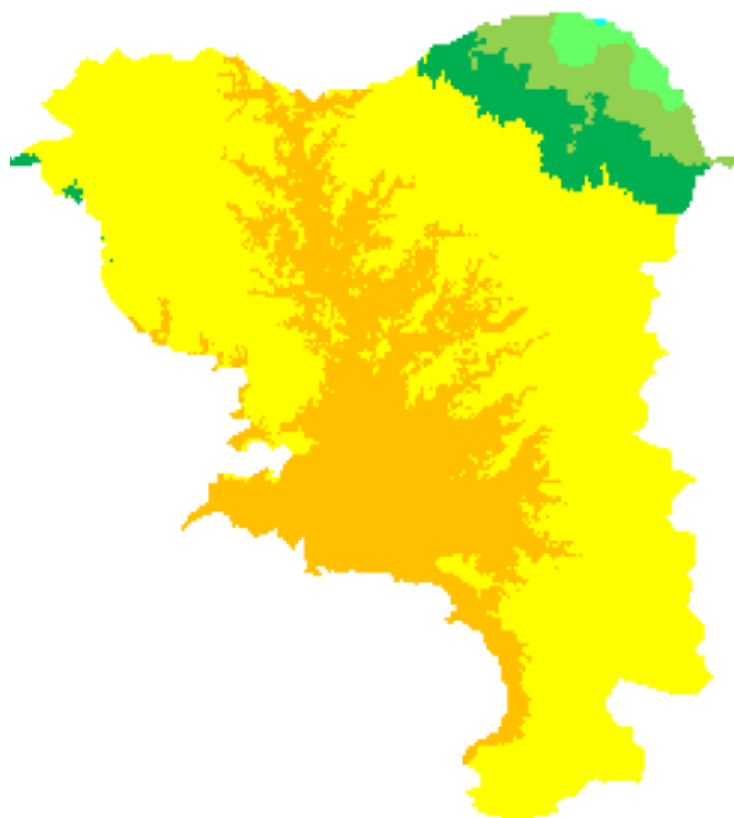


図 5.3(i) 鹿児島県霧島市の HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分

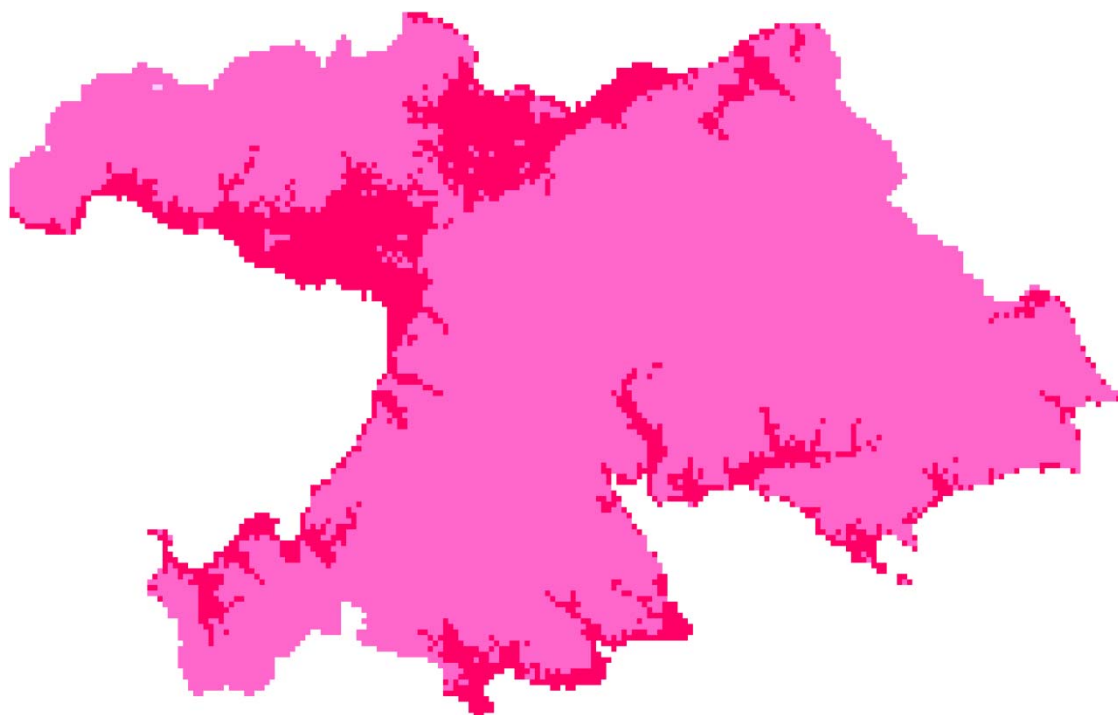


図 5.3(j) 沖縄県名護市の HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分

表 5.3(c)及び表 5.3(d)から確認できるように HDD18 が  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上の区分については HDD18 のみで区分される。よって、HDD18<sub>est</sub> が  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上となる東京都、奈良県生駒市、高知県南国市については前章で示す HDD18<sub>est</sub> による地域区分と同一の区分が適用されている。また、HDD18<sub>est</sub> が  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上である北海道中頓別町においても HDD18 のみにより区分されるため、HDD18<sub>est</sub> による地域区分とほぼ同一の区分となっているが、住宅事業建築主の判断基準における地域区分の 8 区分に従った前章の区分で  $4500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上として一つの区分にまとめられていた地域を「 $4500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上  $5000^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満」と「 $5000^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上」の 2 区分としたため、 $5000^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上となる地域が異なる区分で示される。

次に HDD18<sub>est</sub> が  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満の地域を含む鹿児島県霧島市、沖縄県名護市について考察する。霧島市の場合、山間部では HDD18<sub>est</sub> が  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上となるため HDD18<sub>est</sub> による地域区分と同一となるが、平野部から一定の標高までの地域では HDD18<sub>est</sub> が  $1500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ を下回るため HDD18 と CDD22 による複合的な区分が考えられる。しかし、都市内に CDD22<sub>est</sub> が  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上となる地域が存在しないため、HDD18<sub>est</sub> のみによる地域区分からのさらなる区分けはみられない。このように、本章で提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法における HDD18 と CDD22 による地域区分は、CDD22 が  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上となる地域を含まない場合、現在の地域区分で用いられる HDD18 による区分と同等の区分となることが確認できる。

一方、名護市の場合、南西諸島に位置する都市であるため、霧島市をはじめとするその他の都市と比較して温暖で、都市の全域において CDD22<sub>est</sub> が  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ を上回る。さらに HDD18<sub>est</sub> についても名護市では都市の全域がほぼすべて  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満となっている。よって、名護市は CDD22<sub>est</sub> による地域区分が適用される地域と言える。なお、CDD22<sub>est</sub> のみによる地域区分ではみられた CDD22 の「 $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満」と「 $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 以上  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 未満」の区分は、HDD18 と CDD22 による地域区分ではグルーピングされるため、一つの区分にまとめられて示される。この点は CDD22<sub>est</sub> のみによる地域区分との違いとして挙げられる。

これら 6 都市についての暖冷房負荷を考慮した地域区分法における HDD18 と CDD22 による地域区分の検証から以下に示す 3 点が明らかとなった。HDD18 と CDD22 を組み合わせた地域区分を適用することで、暖房負荷の傾向のみではない暖冷房負荷の傾向に則した適切な区分が可能になると言える。特に名護市のような南西諸島に対しては効果的な地域区分になり得る。

- 1.多くの都市では現在の地域区分同様 HDD18 によって地域を区分することが可能である。
- 2.南西諸島をはじめとする温暖な地域では現在の地域区分で用いられない CDD22 によって効果的な地域区分が可能となる。
- 3.住宅の暖冷房負荷の傾向が異なる地域を詳細に区分することが可能となる。

#### 5-4. 第5章のまとめ

本章では、住宅における冷房需要拡大や南西諸島等の温暖地域の冷房負荷を踏まえて、新たに暖冷房負荷を考慮した地域区分法の検討を行った。本地域区分法では、暖房負荷を考慮するための HDD18 による区分と冷房負荷を考慮するための CDD22 による区分を組み合わせることで地域区分する方法とした。CDD22 による地域区分についてはこれまでに行われていないため、高度補正を利用した HDD18 の推定法を参照し、CDD22 の推定法を確立した上で CDD22 の推定を行い、推定される CDD22<sub>est</sub> による地域区分を提案した。HDD18 の推定法を用いた HDD18<sub>est</sub> による地域区分との比較等から得られた知見を以下に示す。

##### (1) 高度補正を利用した CDD22 の推定法の妥当性

高度補正を利用した HDD18 の推定法を参照して、1 次細分区域毎に  $\overline{\text{CDD22}_{\text{om}}}$  を整理し、標高と  $\Delta\text{CDD22}$  の関係性を考慮した CDD22 の推定式を作成した。この推定式により推定される CDD22<sub>est</sub> と CDD22 を比較したところ高い推定精度にあることが分かった。よって、本章で提案する高度補正を利用した CDD22 の推定法は妥当と判断した。

##### (2) CDD22 の区分範囲

暖房負荷と HDD18 の相関関係及び冷房負荷と CDD22 の相関関係から冷房負荷の区分範囲を決定した。HDD18 による区分範囲が基本的に  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  区切りとなっていることを考慮し、対応する暖房負荷と同等の冷房負荷となる際の CDD22 の間隔を導き、CDD22 の区分範囲を  $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  区切りとした。

##### (3) CDD22<sub>est</sub> による地域区分の適用

HDD18<sub>est</sub> による区分で一つの地域に区分されていた南西諸島において、CDD22<sub>est</sub> による区分では複数の地域に区分されることが確認できた。また、その他の地域については CDD22<sub>est</sub> が  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  未満であったため、概ね標高の高い山間部とその他平野部等の 2 地域に区分される傾向にあった。

CDD22<sub>est</sub> による地域区分を確認した後、本章では HDD18 及び CDD22 の推定法を用いて任意地点における HDD18、CDD22 を推定し、推定される HDD18<sub>est</sub> 及び CDD22<sub>est</sub> により地域を区分する方法を暖冷房負荷を考慮した地域区分法として提案した。HDD18 と CDD22 による区分の組み合わせや実際の地域での適用例等で得られた知見を以下に示す。

##### (1) HDD18 と CDD22 による区分範囲

HDD18 と CDD22 のそれぞれの区分範囲により区分した際、22 区分に地域を分けすることができた。しかし、区分を細分化することは地域区分の煩雑化に繋がる恐れがあるため、暖冷房負荷傾向が類似する地域をクラスター分析によりグルーピングした。最終的

---

に HDD18 と CDD22 によって 14 区分に分けする地域区分を提案する。

(2)HDD18<sub>est</sub> による地域区分との類似性

南西諸島や温暖地域の一部を除く CDD22<sub>est</sub> が 500°C・日未満となる地域では、HDD18<sub>est</sub> のみによる地域区分と同様の区分がなされることが分かった。これより、日本全国における多くの地域では HDD18<sub>est</sub> に従った区分となることが推察される。

(3)南西諸島の地域に対する地域区分

現在の地域区分において一つの地域に区分される南西諸島の地域では、冷房負荷の傾向が大きく異なる地域が混在していることが分かった。これらの地域に対して HDD18 と CDD22 による地域区分では、CDD22<sub>est</sub> による区分範囲での区分けが効果的に適用され、冷房負荷が異なる地域を区分することができた。

得られた知見から暖冷房負荷を考慮した地域区分法を整理し、地域区分の煩雑化を避けるために極端な地域の区分数増加を抑え、かつ暖房負荷及び冷房負荷両者による傾向を反映した地域区分とした。適切な省エネルギー対策を講じるためには、暖房負荷及び冷房負荷両者による傾向を踏まえる必要があるため、両者を踏まえた地域区分法である本論で提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法は有用と言える。

### 5-5. 第5章の参考文献

[1]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説,2002

[2]赤坂裕,荒井良延,井川憲男,石野久彌,永村悦子,永村一雄,郡公子,曾我和弘,西岡真稔,二宮秀興,松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000,日本建築学会,株式会社鹿児島TLO,pp.1-223,2005

[3]財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準 ガイドブック,2009

[4]財団法人建築環境・省エネルギー機構：SMASH for Windows Ver.2 住宅用熱負荷計算プログラム ユーザーマニュアル,2000

[5]国土交通省国土地理院：基盤地図情報のダウンロード, <http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html> (2012年4月22日参照)

[6]永田靖,棟近雅彦：多変量解析法入門,株式会社サイエンス社,pp.174-185,2001

---





**第 6 章 非住居系建築物における地域区分法**

---



## 第6章 非住居系建築物における地域区分法

前章までに、住宅の省エネルギー基準における地域区分について、標高及び暖冷房負荷を考慮した新たな地域区分法を提案した。本章では、非住居系建築物を対象とする建築物の省エネルギー基準[1]で用いられる地域区分について整理する。第1章で述べた通り建築物の省エネルギー基準では、簡易的なPAL値算定の際の年間暖冷房負荷計算において拡張デグリーデー法[2],[3],[4],[5]を用いた算定方法が用意されており、その中で地域の区分が利用される。地域区分の詳細については6-2節で述べる。

また本章では、さらに前章までに提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用を検討する。住宅の省エネルギー基準における地域区分では前章までで示したように、住宅における暖冷房負荷とHDD18及びCDD22に極めて高い相関関係があることからこれらの気候指標による地域区分を可能としている。そのため、建築物の省エネルギー基準で用いられる地域区分への暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用に際しては、非住居系建築物における暖冷房負荷と気候指標との関係性を把握する必要がある。よって、はじめに本章では非住居系建築物を代表する建築物としてオフィスビルを選定し、オフィスビルの暖冷房負荷の算定を行った後暖冷房負荷とHDD18及びCDD22の関係性について考察する。オフィスビルの暖冷房負荷とHDD18及びCDD22の関係性を踏まえて、前章で提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法を適切な形で応用し、建築物の省エネルギー基準で用いられる地域区分へ適用することを提案する。

### 6-1. オフィスビルの暖冷房負荷算定概要

以下に示す建物モデル、算定条件によりオフィスビルを対象とした暖冷房負荷の算定を行う。なお、暖冷房負荷算定の際に必要な気象データについては、住宅の暖冷房負荷算定において用いた拡張アメダス気象データ[6]に収録される1995年版標準年気象データとし、同一環境下での暖冷房負荷算定を試みる。

#### 6-1-1. 建物モデル

暖冷房負荷算定に用いるオフィスビルの建物モデルとして、図6.1.1(a)に平面図、図6.1.1(b)に立面図、図6.1.1(c)に開口部断面図を示す空気調和衛生工学会のオフィス用標準問題[7]の基準階を想定する。建物モデルの壁体構成は表6.1.1に示す通りで、地域に応じて断熱材の厚さ、窓の仕様等の変更は行っていない。また、コア部分は計算対象外とし、外気温度と設定温度の中間の温度を設定する。

このとき暖冷房負荷の算定において、事務室の東西南北の外壁から3mまでをそれぞれ東西南北ペリメータゾーン、それ以外をインテリアゾーンとする5つのスペースとして扱う。基準階の床面積は605.2㎡で、その内訳は東西南北のペリメータゾーンが各64.8㎡、インテリアゾーンが346㎡である。また、開口部の面積については、図6.1.1(c)に示す開口部を1ユニット3.24㎡とし、それを8ユニット配置した25.92㎡とする。

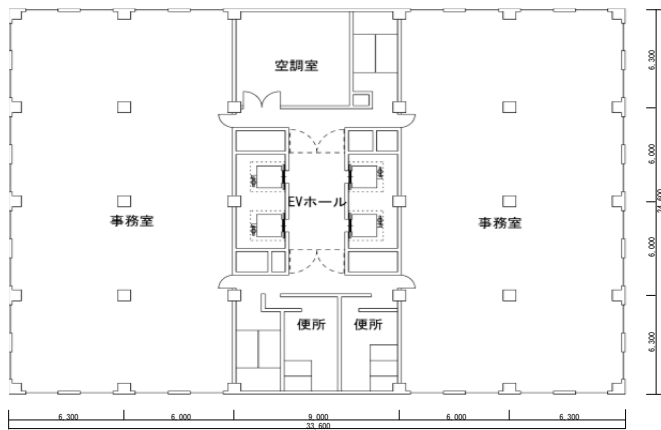


図 6.1.1(a) 基準階平面図

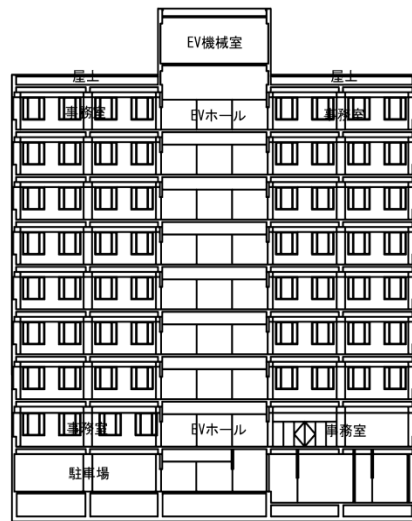


図 6.1.1(b) 立面図

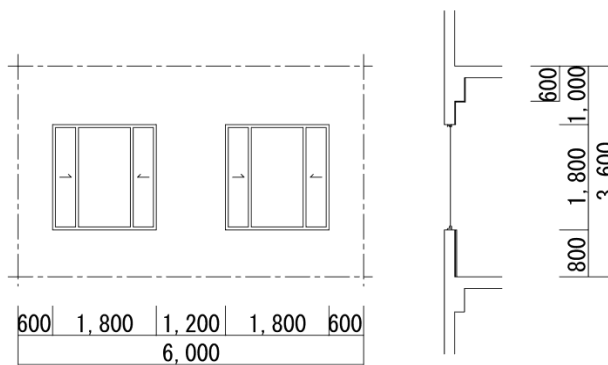


図 6.1.1(c) 窓単位ユニット・部分断面図

表 6.1.1 建物モデルの壁体構成

外壁 (一般部)	石膏ボード	12mm	内壁	モルタル	20mm
	密閉中空層	-		普通コンクリート	120mm
	スチレン発砲板(押出)	25mm		モルタル	20mm
	普通コンクリート	150mm		合成樹脂・リノリウム	3mm
	モルタル	20mm		普通コンクリート	150mm
外壁 (梁部)	タイル	8mm	床	非密閉中空層	-
	スチレン発砲板(押出)	25mm		石膏ボード	9mm
	普通コンクリート	350mm		岩綿吸音板	12mm
	モルタル	20mm			
天井	タイル	8mm			
	合成樹脂・リノリウム	3mm			
	普通コンクリート	150mm			
	非密閉中空層	-			
	石膏ボード	9mm			
	岩綿吸音板	12mm			

### 6-1-2. 算定条件

本論では、暖冷房負荷の算定に動的熱負荷計算プログラム NewHasp[8]を用いる。NewHasp では、暖冷房温湿度、内部発熱、供給熱量等を任意に設定することで、期間暖冷房負荷や年間の最大暖冷房負荷等を算定することができる。室内温湿度の設定や空調運転状況、内部発熱等の条件を表 6.1.2 に示す。なお、空調運転に関して、日曜、祝日、12月31日から1月3日の期間は休日とし、空調運転は行わないものとする。

表 6.1.2 暖冷房負荷算定条件

室内温湿度設定	冬期(12~3月)	22°C/40%
	中間期(4,5,10,11月)	20~24°C/40~60%
	夏期(6~9月)	26°C/50%
空調運転時間	平日:8:00~18:00	(8:00~9:00は外気カット)
	土曜:8:00~13:00	
予冷予熱時間	8:00~9:00	
内部発熱	人体	0.2人/m <sup>2</sup> (作業強度3=118.6W/m <sup>2</sup> )
	照明	20W/m <sup>2</sup> (埋込蛍光灯)
	機器	5.8W/m <sup>2</sup>
室内熱容量	顕熱	12.56kJ/m <sup>2</sup> K
	潜熱	83.74kJ/m <sup>3</sup> (g/kg(DA))
自然換気量	0.1回/h	
取入外気量	5.0m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h	
窓ガラス	8mm吸熱ガラス	
日射遮蔽	室内側中等色ブラインド (開閉の閾値:日射熱取得290.7W/m <sup>2</sup> 以上、および不在時は閉)	

### 6-2. 拡張デグリーデー法における地域区分と課題の整理

前述したように建築物の省エネルギー基準では、簡易的な PAL 値算定の際の年間暖冷房負荷計算において拡張デグリーデー法[2],[3],[4],[5]を用いた算定方法が用意されており、その中で地域の区分が利用される。この年間暖冷房負荷の算定については 1-1-3 節で述べた通りである。ここでは、その際に利用される地域区分についての詳細と課題点を論ずる。

まず、拡張デグリーデー法を用いた暖冷房負荷の算定にあたって、地域の区分が必要とされる理由から述べる。式 1.1.3(a)から式 1.1.3(f)に示す暖冷房負荷の算定において、拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーが地域、方位、侵入貫流比、参照温度の 4 つのパラメータによって求められることが分かっている。拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーを求める際に任意地点での各パラメータを取り揃えて算定することが理想的であるが、日本全国における任意地点で適切な気象データを取り揃えることはほぼ不可能であり、かつ簡易的な PAL 値算定のための計算過程としては複雑なものになってしまう問題もある。また、これらパラメータのうち侵入貫流比及び参照温度は建物毎に異なるため、それぞれ算定しなければならないことは言うまでもない。そこで、これらパラメータ

のみに絞り、拡張暖房デGREEデー及び拡張冷房デGREEデーを簡便に算定できる方法が取られる。具体的には、日本全国を A 地域から L 地域までの 12 の地域に区分するとともに地域毎に代表都市を選定し、予め侵入貫流比、参照温度のパラメータで 12 地域、8 方位＋水平面の拡張暖房デGREEデー及び拡張冷房デGREEデーを算定した結果を取りまとめた「改訂拡張デGREEデー表」[5]が用意される。この表から侵入貫流比、参照温度に対応した拡張暖房デGREEデー及び拡張冷房デGREEデーの値を簡便に知ることができるように整備されている。このように日本全国の任意地点に対応して簡便に算定が行えるように地域区分及び各地域を代表する都市が選定される。なお、地域の 12 区分は、拡張暖房デGREEデー及び拡張冷房デGREEデーの算定に気温や日射量等が必要となることを鑑みて、これら気象状態が同程度つまり、各区分の負荷傾向が同程度となる地域がまとめられるよう配慮されている。

拡張アメダス気象データ収録の 842 地点について、6-1 節に示す建物モデル、計算条件で暖冷房負荷を算定し、この暖冷房負荷を図 1.1.3(k)に示す拡張デGREEデー法における地域区分に従って区分する。図 6.2(a)に暖房負荷の区分を示し、図 6.2(b)に冷房負荷の区分を示す。このとき、それぞれの図では床面積当たりの暖冷房負荷を示す。それぞれの図から各区分における負荷範囲が大きく広がっていることが分かる。特に図 6.2(a)に示す暖房負荷に関しては、区分毎の負荷範囲が広く、最大で約 290MJ/m<sup>2</sup>・年の幅が確認できた。負荷範囲が広く暖房負荷の区分間の差が曖昧となることは、地域区分の目的から考えて適切ではない。加えて、上記したように拡張デGREEデー法では、各区分の負荷傾向を代表する地点として、ある特定の 1 都市が選定されているため、このように各区分における負荷範囲が広がることは代表都市の選定からみても望ましいとは言えない。

しかし、このように各区分の負荷範囲が広がってしまう図 6.2(a)、図 6.2(b)に示したそれぞれの区分は、拡張デGREEデー法における地域区分の途中段階である。住宅の省エネルギー基準における現行の地域区分と大きく異なる点として、標高による影響が拡張デGREEデー法における地域区分では考慮されている。具体的には、表 6.2(a)に示す標高による地域修正表により、図 1.1.3(k)での地域区分に対して標高に応じた地域の修正が行われる。表 6.2(a)を用いて地域を修正し、改めて暖房負荷の区分を図 6.2(c)に、冷房負荷の区分を図 6.2(d)に示す。併せて、それぞれの図には区分の代表都市の値と、各区分の平均値を表す。

表 6.2(a) 標高による地域修正表

建設地の標高	建設地の市町村等が属する地域											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
300m未満	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
600m未満	A	A	B	C	D	D	E	G	F	I	J	K
900m未満	A	A	A	B	C	C	D	E	D	F	I	
1200m未満	A	A	A	A	B	B	C	D	C	D	F	
1200m以上	A	A	A	A	A	A	B	C	B	C	D	

また、表 6.2(b)に各区分における代表都市名と代表都市の暖房負荷及び冷房負荷、さらに暖房負荷及び冷房負荷の区分内の平均値を示す。

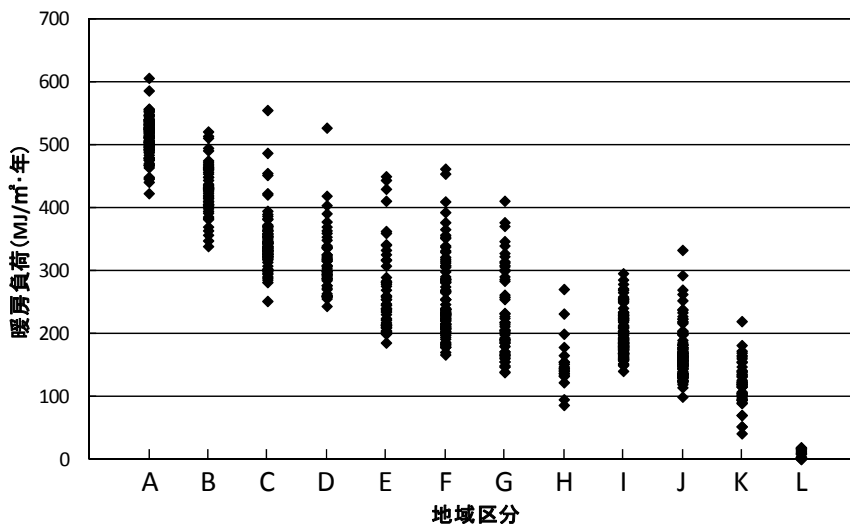


図 6.2(a) 地域区分別暖房負荷

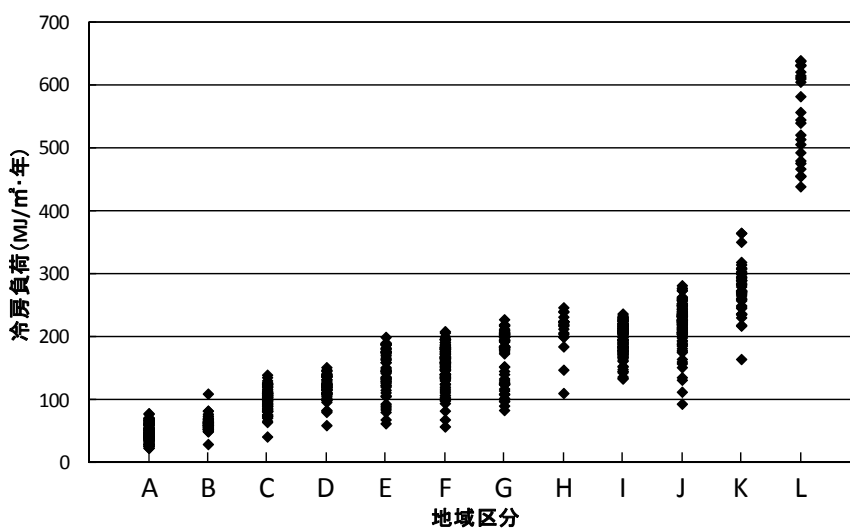


図 6.2(b) 地域区分別冷房負荷

表 6.2(b) 地域区分代表都市の代表値と区分平均値

地域区分	区分代表値			区分平均値		地域区分	区分代表値			区分平均値	
	地点名	暖房負荷	冷房負荷	暖房負荷	冷房負荷		地点名	暖房負荷	冷房負荷	暖房負荷	冷房負荷
A	旭川(北海道)	478	78	509	51	G	東京(東京)	162	220	183	198
B	札幌(北海道)	395	71	421	69	H	静岡(静岡)	134	225	143	220
C	盛岡(岩手)	332	114	340	104	I	名古屋(愛知)	181	219	192	202
D	仙台(宮城)	260	131	297	129	J	大阪(大阪)	150	236	155	232
E	前橋(群馬)	214	183	234	160	K	鹿児島(鹿児島)	102	308	116	285
F	富山(富山)	213	189	233	167	L	那覇(沖縄)	5	540	9	549

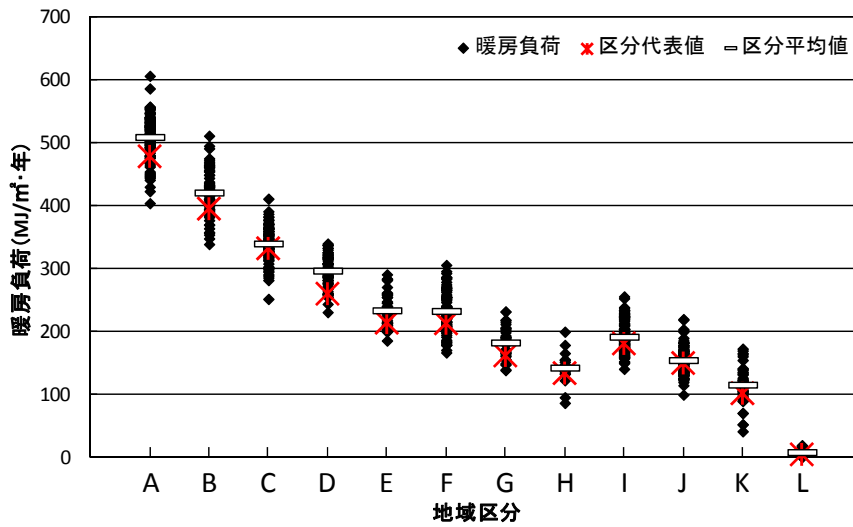


図 6.2(c) 地域区分別暖房負荷（標高による修正あり）

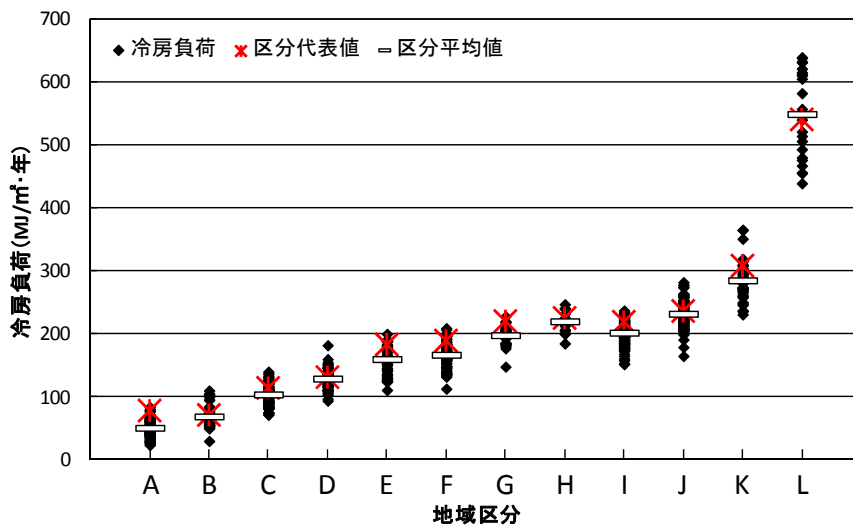


図 6.2(d) 地域区分別冷房負荷（標高による修正あり）

図 6.2(c)、図 6.2(d)から分かるように、それぞれの区分における暖冷房負荷の幅が図 6.2(a)、図 6.2(b)と比較して縮小された。これより、表 6.2(a)に示す標高による地域修正表の効果とオフィスビルの基準階における暖冷房負荷への標高の関わりがうかがえる。このように拡張デGREE法における地域区分では、標高を考慮することで同程度の暖冷房負荷傾向にある地域を一つの区分内に収めるための一定の効果が示されている。

だが一方で区分代表値に着目した場合、問題がみられる。概ね各区分の平均値に近い範囲で代表都市の暖房負荷及び冷房負荷を確認することができるが、例えば暖房負荷における D 地域や冷房負荷における A 地域のように代表値が大きく区分の平均値から乖離してしまう区分が散見される。全体的な傾向としては、暖房負荷については区分の平均値と比較して代表値は小さくなり、反対に冷房負荷については区分の平均値と比較して代表値は大



きくなる。つまり、各区分の代表都市は、区分内の平均より暖かい地域と推察される。このような地域が代表都市として選定された理由としては以下の2点が考えられる。

1点は代表都市を選定する際の気象データの整備状況である。代表都市が選定された当時、標準的な気象データの整備は進行形にあり、現在の拡張アメダス気象データのように多地点における気象データから暖冷房負荷等を考慮して代表都市を選定することは困難な状況にあった。そこで、当初から比較的気象データの整備が進められていた主要都市における標準気象データを利用し代表都市が選定されている。

もう1点は行政的な配慮が考えられる。現在代表都市とされる12都市は、いずれも県庁所在地等の主要都市として位置付けられる。表6.2(c)に現在の代表都市と暖房負荷及び冷房負荷における区分の平均値を総合的に判断して選定した暖冷房負荷からみた各区分の代表都市を比較して示す。なお、都市名はアメダス地点名で表す。表から分かるように、各区分の暖冷房負荷からみた代表都市は、現在の代表都市と比較して主要な都市とは言えない。区分を代表する都市としてはある程度の認知度も必要と思われる。

これらの理由が考えられる地域区分における現在の代表都市について本論では、暖冷房負荷の傾向を代表する都市を選定するという観点から、やはり各区分の暖冷房負荷の平均に極力近い都市を新たに選定すべきと考える。しかし、地域区分については運用段階を想定したときの行政的な判断は当然必要で、ある程度の主要都市の選定が条件となることは否めない。よって、ここでは代表都市の選定については断定せず、現在の代表都市における暖冷房負荷の傾向から代表都市の選定に見直しの余地があることのみを提言し、地域区分において考えられる次の課題点の考察へ論を進める。

**表 6.2(c) 地域区分における現在の代表都市と暖冷房負荷の区分平均値からみた代表都市**

地域区分	代表都市		地域区分	代表都市		地域区分	代表都市	
	現在	区分平均値から		現在	区分平均値から		現在	区分平均値から
A	旭川(北海道)	麓郷(北海道)	E	前橋(群馬)	烏山(栃木)	I	名古屋(愛知)	福崎(兵庫)
B	札幌(北海道)	休屋(青森)	F	富山(富山)	福光(富山)	J	大阪(大阪)	高松(香川)
C	盛岡(岩手)	黒石(青森)	G	東京(東京)	我孫子(千葉)	K	鹿児島(鹿児島)	志布志(鹿児島)
D	仙台(宮城)	左沢(山形)	H	静岡(静岡)	福田(静岡)	L	那覇(沖縄)	久米島(沖縄)

ここまで各区分における暖冷房負荷の傾向、代表都市の選定について述べた。最後に本節では、建築物における地域区分の課題点として住宅の地域区分との区分の違いについて言及する。形式的に本節において課題点として述べるが、これは住宅における地域区分についても言えることで、双方に異なる地域の区分が用いられることについて述べる。住宅における地域区分と建築物における地域区分が異なる区分とされる理由としては、それぞれの暖冷房負荷の傾向が異なることや地域区分の利用形態が異なることが挙げられる。しかし、住宅と建築物において地域の区分が異なることは混乱を招く恐れがある。例えば、1階を店舗2階を住居とする建築物を仮定した場合、この建築物には二つの地域区分の適用を検討しなければならない。住宅の省エネルギー基準及び建築物の省エネルギー基準によ

るダブルスタンダードから考えると、二つの地域区分による二つの異なる区分も納得せざるを得ないところではあるが、より明快な地域区分を目指し次節で共通の地域区分の適用について考察する。

### 6-3. 非住居系建築物に対する暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用

非住居系建築物における地域区分に代わり住宅における地域区分によってオフィスビルの基準階の暖冷房負荷を区分した図を図 6.3(a)、図 6.3(b)に示す。区分数が 12 区分から 8 区分に少なくなることもあり、各区分における負荷範囲が広く、特に図 6.3(b)に示すV地域での冷房負荷の範囲が非常に広がっている。このため、住宅における地域区分を直接的に適用することは難しい。

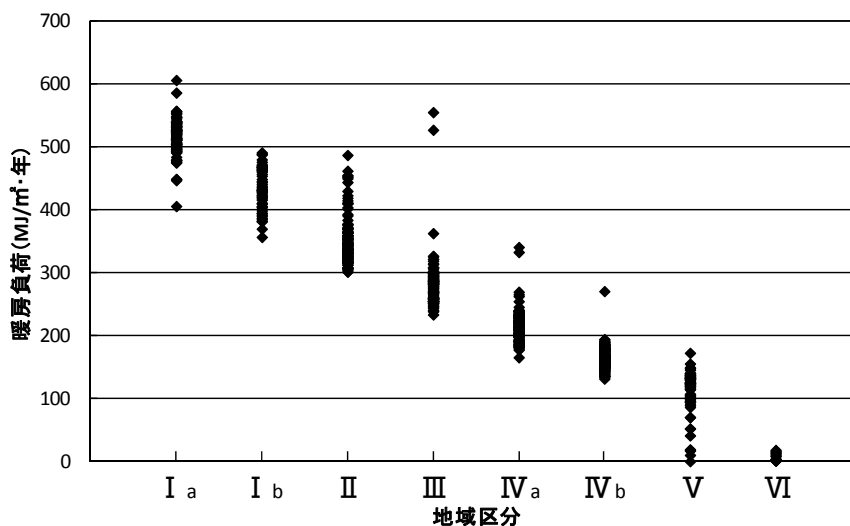


図 6.3(a) 住宅における地域区分別暖房負荷

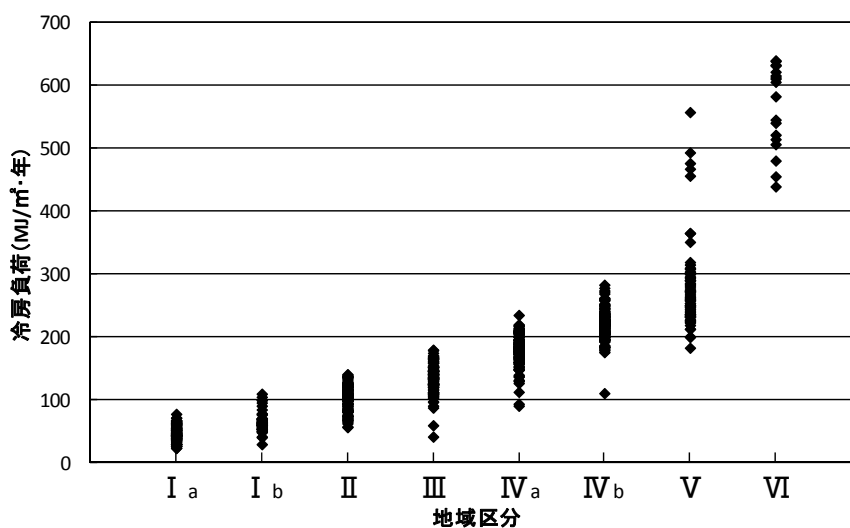


図 6.3(b) 住宅における地域区分別冷房負荷

そこで、非住居系建築物における地域区分に対して前章で提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用を検討する。暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用にあたっては暖房負荷及び冷房負荷と HDD18、CDD22 の関係性が重要となる。これらに関係性が認められない場合これらを気候指標とした地域区分ができないからである。図 6.3(c)にオフィスの基準階の暖房負荷と HDD18 の相関を示し、図 6.3(d)にオフィスの基準階の冷房負荷と CDD22 の相関を示す。

図から暖房負荷、冷房負荷ともに HDD18、CDD22 と非常に高い相関関係にあることが分かる。よって、非住居系建築物における地域区分についても暖冷房負荷を考慮した地域区分法による地域区分が適用可能と判断する。区分数は増えるものの住宅と非住居系建築物の地域区分を統一できる効果が期待される。

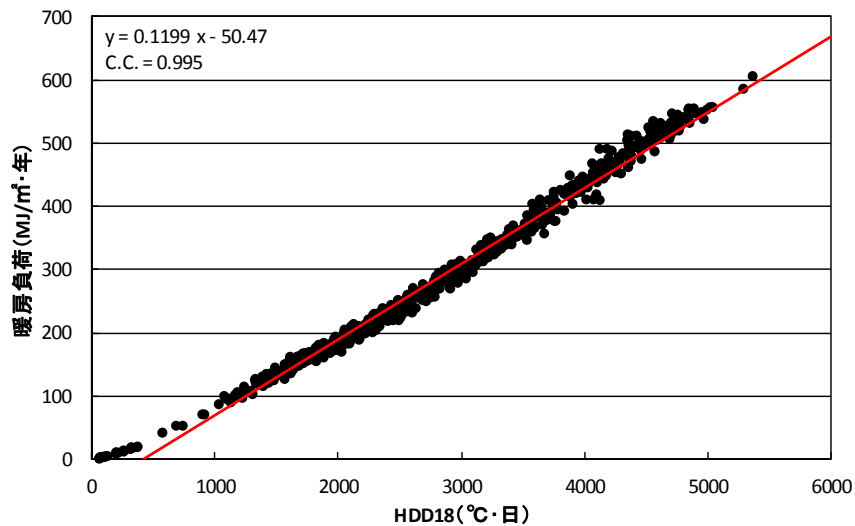


図 6.3(c) オフィスの基準階における暖房負荷と HDD18 の相関図

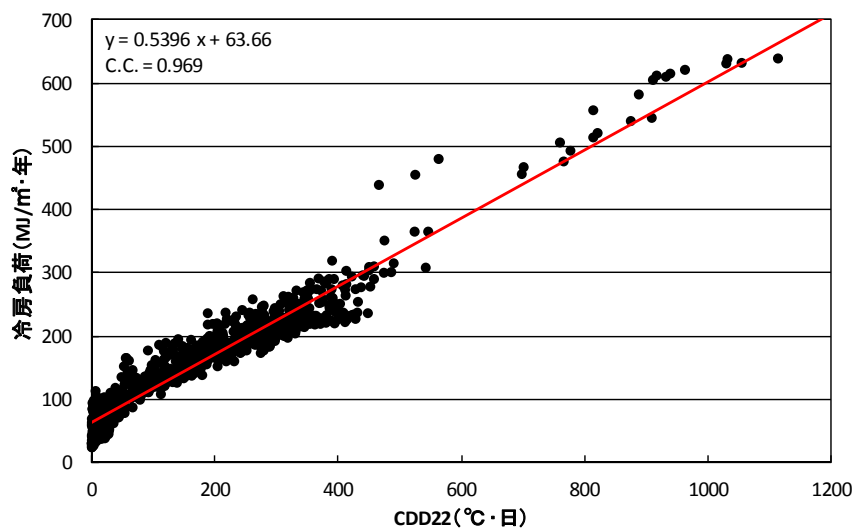


図 6.3(d) オフィスの基準階における冷房負荷と CDD22 の相関図

図 6.3(e)、図 6.3(f)に暖冷房負荷を考慮した地域区分法で定めた表 5.3(d)による地域区分に従った暖房負荷及び冷房負荷の区分を示す。併せて、それぞれの図中に各区分の平均値を表す。オフィスビルの基準階における暖房負荷及び冷房負荷と HDD18、CDD22 の相関が高いことから、これら 2 気候指標を用いた区分によって暖冷房負荷が適切に区分されていることが図より確認できる。さらに、区分の平均値については各区分の負荷範囲が抑えられているため、概ね各区分の段階的な暖冷房負荷を表すことができている。現在用いられる地域区分の 12 区分から 14 区分と 2 区分増えていることを踏まえても、各区分における暖冷房負荷の傾向及び区分を代表する区分平均値の妥当性がうかがえる。これより、前章で提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法での地域区分を非住居系建築物における地域区分へ適用することは十分に可能と判断できる。

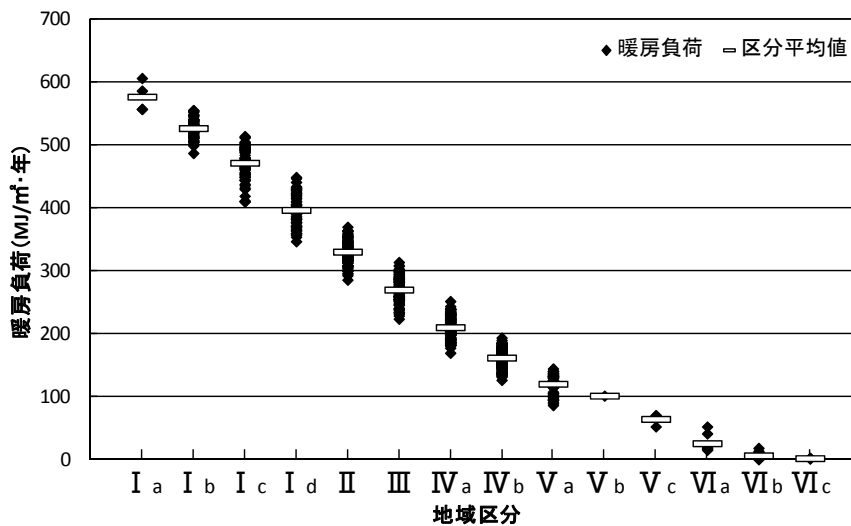


図 6.3(e) HDD18 と CDD22 による地域区分別暖房負荷

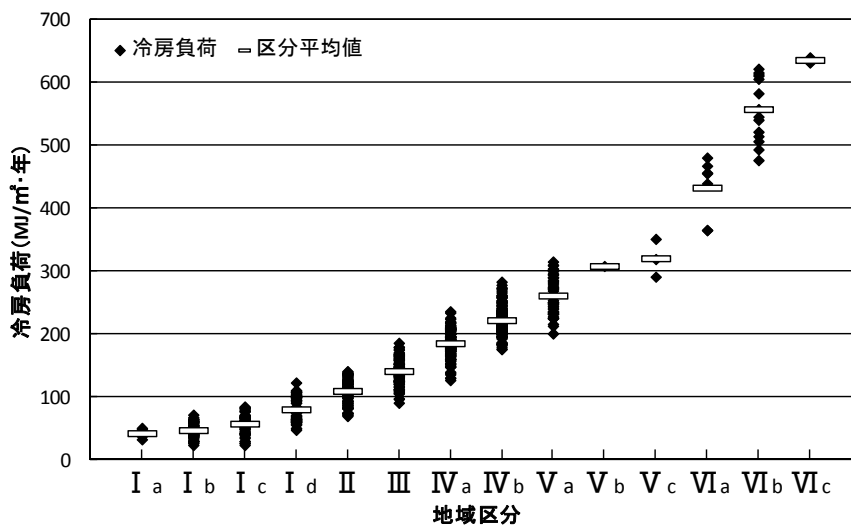


図 6.3(f) HDD18 と CDD22 による地域区分別冷房負荷

暖冷房負荷を考慮した地域区分法での地域区分が適用可能であることが分かったので、最後に暖冷房負荷を考慮した地域区分法による HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> で区分した際の各区分の暖冷房負荷の傾向について検証する。図 6.3(g)、図 6.3(h)に HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> によって区分した暖房負荷及び冷房負荷を示す。HDD18<sub>est</sub>、CDD22<sub>est</sub> の推定誤差により、図 6.3(e)、図 6.3(f)と比較して各区分の負荷範囲が広がってしまう。しかし、現在の区分を示した図 6.2(c)、図 6.2(d)と比較した場合、負荷範囲が際立って広がってしまう区分はみられない。また、図 6.3(e)、図 6.3(f)による各区分の平均値とのズレも小さく、これを用いた代表都市の選定もできると思われる。

ここまでの検証から、本論では暖冷房負荷を考慮した地域区分法での非住居系建築物の地域区分及び新たな代表都市の選定が可能であることを提示する。

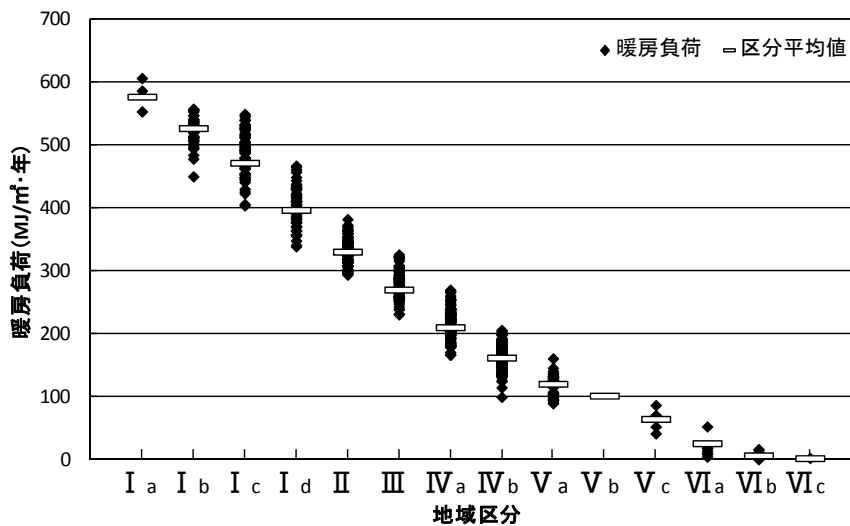


図 6.3(g) HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分別暖房負荷

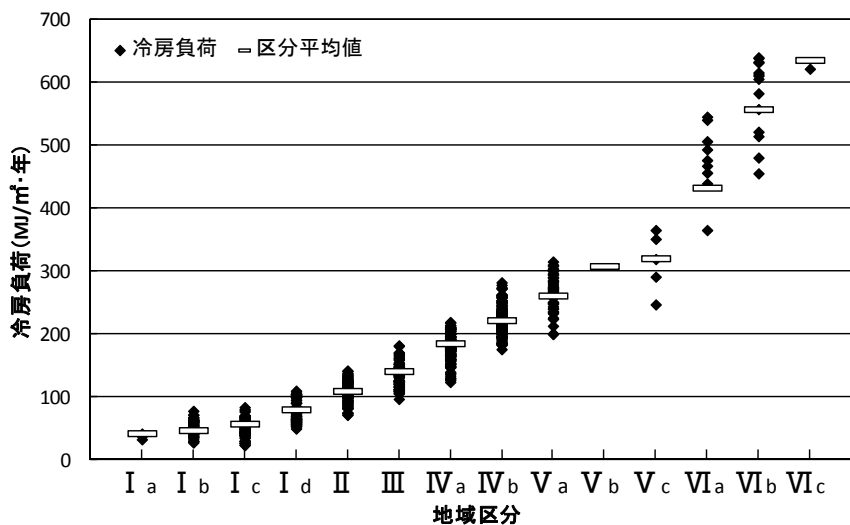


図 6.3(h) HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による地域区分別暖房負荷

#### 6-4. 第6章のまとめ

本章では、建築物の省エネルギー基準における地域区分について考察した。建築物の省エネルギー基準に関する考察のため、オフィス用標準問題の基準階を対象とした暖冷房負荷算定をはじめに行っている。建築物の省エネルギー基準では、簡易的な PAL 値算定の際の年間暖冷房負荷計算において拡張デグリーデー法を用いた算定方法が用意されており、その中で地域の区分が利用される。よって、このとき利用される地域区分における各区分の暖冷房負荷傾向を算定した暖冷房負荷を用いて確認することとした。この結果得られた知見を以下に示す。

##### (1)各区分における暖冷房負荷の傾向

標高を考慮するための地域修正表の利用によって各区分における暖冷房負荷の範囲が抑えられていることが確認できた。また、各区分で段階的に暖冷房負荷が区分される傾向についてもみられるため、有用な地域区分がなされていると言える。

##### (2)代表都市の選定

拡張デグリーデー法では、拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーの算定を簡便化するため、地域区分での各区分に代表都市を選定し、その都市における拡張暖房デグリーデー及び拡張冷房デグリーデーを予め算定し表にまとめている。そのため、代表都市は各区分における平均的な状態にあることが望ましい。しかし、各区分における暖冷房負荷の平均値と代表都市における暖冷房負荷の間に乖離がみられた。よって、代表都市の選定には見直しの余地があることを提言した。しかし、各区分における暖冷房負荷の平均値から代表都市を選定した場合、必ずしも主要都市が代表都市として選定されるとは限らず、代表都市の選定には行政的な判断の必要性は否めない。

暖房負荷及び冷房負荷の適切な区分状況から非住居系建築物において現在行われる地域区分に妥当性を確認することができた。また、代表都市の選定については各区分の暖房負荷及び冷房負荷を総合的に判断し、新たな代表となる都市の選定の必要性を示すことができた。これらの結果を踏まえた上で、本章では最後に、住宅における地域区分と非住居系建築物における地域区分での区分の統合について検討した。ここでは、前章において提案した暖冷房負荷を考慮した地域区分法を非住居系建築物における地域区分へ適用することを試みた。適用における考察から得られる知見を以下に示す。

##### (1)オフィスビルの基準階における暖房負荷、冷房負荷と HDD18、CDD22 の関係性

オフィスビルの基準階における暖房負荷及び冷房負荷と HDD18、CDD22 がそれぞれ極めて高い相関関係にあることが分かった。これより、HDD18 と CDD22 による地域区分を非住居系建築物における地域区分へ適用することが可能となる。

(2)暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用

HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による各区分の負荷範囲は、現在の地域区分による各区分の負荷範囲と比較して広がりが見られず、十分効果的な地域区分が行えることが分かる。また、各区分からの代表都市選定についても適切に行えると推察される。

この結果から暖冷房負荷を考慮した地域区分法を非住居系建築物における地域区分へ適用することは可能であると判断した。明快な地域区分という観点から、暖冷房負荷を考慮した地域区分法による住宅と非住居系建築物における地域区分での区分の統合は期待が大きい。

**6-5. 第6章の参考文献**

[1]財団法人建築環境・省エネルギー機構：建築物の省エネルギー基準と計算の手引き 性能基準(PAL/CEC),2004

[2]松尾陽：期間熱負荷予測のためのデグリーデー法の拡張について,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.505-506,1979

[3]松尾陽,荒井良延,熊野直人：拡張デグリーデー法に関する検討(その1)自然換気を考慮した期間熱負荷の推定,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.597-598,1981

[4]荒井良延,松尾陽,熊野直人：拡張デグリーデー法に関する検討(その2)日平均日射量の処理について,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.599-600,1981

[5]財団法人住宅・建築省エネルギー機構：改訂拡張デグリーデー表 地域別拡張デグリーデー表 日除け効果係数チャート,1999

[6]赤坂裕,荒井良延,井川憲男,石野久彌,永村悦子,永村一雄,郡公子,曾我和弘,西岡真稔,二宮秀興,松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000,日本建築学会,株式会社鹿児島TLO,pp.1-223,2005

[7]滝沢博：標準問題の提案(オフィス用標準問題),日本建築学会環境工学委員会 熱分科会 第15回熱シンポジウム,pp.35-42,1985

[8]松尾陽,横山浩一,石野久彌,川元昭吾：空調設備の動的熱負荷計算入門,日本空調衛生設備士協会,1980





## 第 7 章 総括

---



---

## 7-1. 本論文の要約

本論文は、省エネルギー基準において用いられる地域区分をより精度良く行うことを目的とし、地域区分に影響する気候状態(気候指標)と標高の関係性を明らかにするとともに、この関係性を踏まえた新たなプロセスによる地域区分法を取りまとめたものである。

第1章では、本研究における社会的背景を述べ、研究の意義と目的を明確にするとともに、既往の研究を整理し、本研究の位置付けを示した。

第2章では、住宅の省エネルギー基準における地域区分にあたり、前提の条件整理として住宅の暖冷房負荷と気象要素、気候指標の関係性について取りまとめた。住宅の暖冷房負荷については、住宅事業建築主の判断基準の住宅モデルを対象として、SMASHを用い算定した。この際、必要となる気象データには拡張アメダス気象データにおける1995年版標準年気象データを利用する。なお、1995年版標準年気象データ及び2000年版標準年気象データに大きな差がみられないことを事前に確認している。

算定した暖房負荷及び冷房負荷を基に気温、絶対湿度、日射量の3気象要素とこれら気象要素から算定した気候指標であるHDD18、CDD22、HDM24、CDM24の関係性を明らかにした。以下に暖房負荷及び冷房負荷と気象要素、気候指標のそれぞれの関係性について示す。

### (1) 気温

暖房負荷、冷房負荷と気温には高い相関関係がみられた。特に、沖縄等の南西諸島の地域において、暖房負荷が発生しないために関係性がみられない箇所を除けば、ほぼ近似直線上にプロットされている極めて高い相関関係が確認できた。

### (2) 絶対湿度

絶対湿度に関しても気温同様、暖房負荷、冷房負荷と高い相関関係にあることが確認できた。暖房負荷、冷房負荷それぞれ気温ほどではないが近似直線を中心としたまとまりとなっていた。また、気温と絶対湿度は比例の関係にあることから暖房負荷、冷房負荷に対する気温と絶対湿度の関係性は類似した傾向を示すことが分かった。

### (3) 日射量

日射量については、暖房負荷、冷房負荷との相関からは関係性をみることができなかった。これは、暖房負荷、冷房負荷と気温の相関関係が極めて高いことにより、日射量の影響が確認し難くなっているためと推察される。そこで、暖房負荷、冷房負荷と気温の相関において、日射量がどのように関係するのかを確認し、暖房負荷、冷房負荷に対する日射量の関わりを明らかにした。

### (4) HDD18、HDM24

暖房負荷とHDD18、HDM24の2気象要素に極めて高い相関関係があることが分かった。

---

---

暖房負荷と気温の相関同様に、暖房負荷が発生しない沖縄等の南西諸島の地域を除く全地域において、ほぼ近似直線上でのプロットを確認できた。これより、HDD18、HDM24を住宅の省エネルギー基準において、空調熱負荷に対する省エネルギー対策の水準を決定するための地域区分に利用することの有用性が示された。

#### (5)CDD22、CDM24

暖房負荷とHDD18、HDM24の相関と比較すると僅かに劣るものの、冷房負荷とCDD22、CDM24の2気象要素にも高い相関関係を確認できた。冷房負荷に関する指標としては十分に期待できる結果となった。

また、HDD18とHDM24の比較及びCDD22とCDM24の比較についても第2章では行った。HDM24、CDM24を算定する際に用いるM値は気温、絶対湿度、日射量を考慮した値であるため、気温のみを対象として算定するHDD18とCDD22とは、絶対湿度と日射量を考慮するという点が大きな違いとなっている。しかし、HDD18とHDM24の比較及びCDD22とCDM24の比較から両者の気候指標に大きな違いはみられず、いずれも暖房負荷、冷房負荷と高い相関関係にあるということが分かった。

第3章では、HDD18、CDD22、HDM24、CDM24の4気候指標による日本全国の分布を作成し、日本における気候状態と暖房負荷、冷房負荷の関係性について考察した。暖房負荷とHDD18、HDM24の分布の比較及び冷房負荷とCDD22、CDM24の分布の比較からも暖冷房負荷と気候指標に大きな類似性を確認することができた。また、これら気候指標による日本全国の分布では以下に示す二つの特徴がみられた。

#### (1)緯度との関係性

一つ目の特徴は、高緯度地域になるに従いHDD18、HDM24が増加し、反対にCDD22、CDM24が減少する傾向である。これより各気候指標に緯度との関係性が示された。緯度との関係性については、高度補正により算定された海拔0mの気温から求められるHDD18<sub>0m</sub>の分布によりさらに明確な傾向がみてとれた。また、緯度と関係した変化の他、HDM24<sub>0m</sub>、CDM24<sub>0m</sub>の分布では太平洋側の値に周辺との比較で増減が確認できた。これは、HDM24、CDM24の算定の際に用いるM値において日射量の影響が加味されているためと推察され、太平洋側の日射量が他地域と比較して大きいという特徴と一致している。

#### (2)標高との関係性

二つ目の特徴は、日本全国において山間部等で島状の分布が形成されることである。これは、標高が高い地域の気温が周辺地域と比較して低いためにHDD18、HDM24が増加し、反対にCDD22、CDM24が減少したと推察される。標高に起因した特徴であることは、海拔0mにおけるそれぞれの気候指標の分布からも確認できた。HDD18<sub>0m</sub>等の海拔0mにおける各気候指標の分布では、各地点標高により作成した分布でみられる島状に形成された

---

分布の特徴が現れない。よって、海拔 0m への高度補正、つまり標高による影響を取り除くことで消失した島状の分布形成が標高による影響であったと判断できる。標高の影響を取り除くことができた海拔 0m における各気候指標による分布では、緯度に関連する緩やかな変化が表された。

これら特徴により気候状態と緯度及び標高との関係性が大きいことが分かった。次に緯度、標高以外に気候状態へ影響を及ぼすものとして、都市化や地形的要因等が考えられる。第3章では、これら要因による気候状態への影響についても考察した。都市化の影響を検証するため、平成7年国勢調査地域メッシュ統計による人口を、地形的要因等を検証するためメッシュ気候値 2000 を用いた。都市化や地形的要因等を検証した結果、気候状態への影響と思われる状態を確認できた。しかし、それぞれの要因が気候状態へ与える影響の程度を断定できるほど明確に示すことはできない。さらに、これら要因による影響が含まれていても気候状態と緯度及び標高の関係性と比較すると僅かであることが推察される。よって、本論では気候状態と関係性が大きい要因は緯度、標高によるものと判断する。

第4章では、住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分における現状について解決すべき以下に示す3点の課題点を整理した。

#### (1)同一市区町村内における標高差等による気候状態の差異

現在、地域を区分するための地域単位として市区町村が用いられ、市区町村における気候状態を反映した区分がなされる。しかし、同一の市区町村内であっても標高差等により異なる気候状態にある地域が複数存在する場合は推察される。このような地域の適切な区分法が必要である。

#### (2)アメダス地点による HDD18 での区分と公示上の区分の乖離

アメダス地点による気象データから算定した HDD18 を区分範囲に従い区分した場合と公示されるそれぞれの区分とが異なる地点が散見された。要因としては、市区町村に一つの区分のみ与えられることや行政的な都市の関連性に基づく区分が行われることが挙げられる。この点において現状の地域区分は改善されなければならない。

#### (3)市町村合併

地域単位である市区町村は、近年平成の大合併により再編成が進められている。このように編成が進む市区町村をそのまま地域区分に用い続けることは、任意地点における地域の区分を行う際に混乱を招く恐れがあるため、地域単位の再考は必至である。

これらの課題点を踏まえて、本章では標高を考慮した新たな地域区分法として、任意地点における HDD18<sub>est</sub> による地域区分を提案した。HDD18 の推定方法には以下に示す2点の方法について検討した。

---

#### (1)緯度・標高による重回帰式を用いた HDD18 の推定法

HDD18 と緯度、標高の相関関係が極めて高いことに着目して、緯度及び標高を説明変数とした推定法である。比較的高い精度での推定が可能だが、北海道太平洋側や関東において一部残差の大きい地域もみられた。本推定法ではこの点に留意しなければならない。

#### (2)高度補正を利用した HDD18 の推定法

本推定法では、はじめに高度補正により算定される HDD18<sub>0m</sub> を 1 次細分区域毎に平均することで、緯度等による影響を考慮した HDD18 推定の基準値を整備する。さらに、基準値に標高の影響を加味することで任意地点の HDD18 を推定することができる。本推定法を用いることで、任意地点における 1 次細分区域及び標高の情報を得られれば HDD18 の推定ができ、HDD18<sub>est</sub> による地域区分も可能となる。

各推定法の比較から高度補正を利用した HDD18 の推定法が有用であることを判断し、第 4 章では本推定法による HDD18 の推定及び地域区分を 6 都市について実施した。6 都市における新たな地域区分と現在の地域区分を比較検討することにより、新たな地域区分法の各都市への適用及び住宅の省エネルギー基準で用いられる現行の地域区分における課題点の解決について検証している。これらの結果から、本推定法による HDD18 の推定及び地域区分が低緯度地域から高緯度地域に渡る全域、1 次細分区域が広域となる地域、太平洋側の地域等で概ね良好に実施できたことが分かった。さらに、同一市区町村における標高差への適用や市町村合併による広域化する都市への適用等が確認された。よって、高度補正を利用した HDD18 の推定法による推定値を利用した本論で提案する新たな地域区分法に一定の有用性が示された。

第 5 章では、住宅における冷房需要拡大や南西諸島等の温暖地域の冷房負荷を踏まえて、新たに暖冷房負荷を考慮した地域区分法の検討を行った。本地域区分法では、暖房負荷を考慮するための HDD18 による区分と冷房負荷を考慮するための CDD22 による区分を組み合わせ地域区分する方法とした。CDD22 による地域区分についてはこれまでに行われていないため、高度補正を利用した HDD18 の推定法を参照し、CDD22 の推定法を確立した上で CDD22 の推定を行い、推定される CDD22<sub>est</sub> による地域区分を提案した。HDD18 の推定法を用いた HDD18<sub>est</sub> による地域区分との比較等から得られた知見を以下の三つにまとめて示す。

#### (1)高度補正を利用した CDD22 の推定法の妥当性

高度補正を利用した HDD18 の推定法を参照して、1 次細分区域毎に  $\overline{CDD22_{0m}}$  を整理し、標高と  $\Delta CDD22$  の関係性を考慮した CDD22 の推定式を作成した。この推定式により推定される CDD22<sub>est</sub> と CDD22 を比較したところ高い推定精度にあることが分かった。よって、第 5 章で提案する高度補正を利用した CDD22 の推定法は妥当と判断した。

---

---

## (2) CDD22 の区分範囲

暖房負荷と HDD18 の相関関係及び冷房負荷と CDD22 の相関関係から冷房負荷の区分範囲を決定した。HDD18 による区分範囲が基本的に  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  区切りとなっていることを考慮し、対応する暖房負荷と同等の冷房負荷となる時の CDD22 の間隔を導き、CDD22 の区分範囲を  $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  区切りとした。

## (3) CDD22<sub>est</sub> による地域区分の適用

HDD18<sub>est</sub> による区分で一つの地域に区分されていた南西諸島において、CDD22<sub>est</sub> による区分では複数の地域に区分されることが確認できた。また、その他の地域については CDD22<sub>est</sub> が  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  未満であったため、概ね標高の高い山間部とその他平野部等の 2 地域に区分される傾向にあった。

CDD22<sub>est</sub> による地域区分を確認した後、第 5 章では HDD18 及び CDD22 の推定法を用いて任意地点における HDD18、CDD22 を推定し、推定される HDD18<sub>est</sub> 及び CDD22<sub>est</sub> により地域を区分する方法を暖冷房負荷を考慮した地域区分法として提案した。HDD18 と CDD22 による区分の組み合わせや実際の地域での適用例等で得られた知見を以下に示す。

## (1) HDD18 と CDD22 による区分範囲

HDD18 と CDD22 のそれぞれの区分範囲により区分した際、22 区分に地域を区別することができた。しかし、区分を細分化することは地域区分の煩雑化に繋がる恐れがあるため、暖冷房負荷傾向が類似する地域をクラスター分析によりグルーピングした。最終的に HDD18 と CDD22 によって 14 区分に区別する地域区分を提案する。

## (2) HDD18<sub>est</sub> による地域区分との類似性

南西諸島や温暖地域の一部を除く CDD22<sub>est</sub> が  $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  未満となる地域では、HDD18<sub>est</sub> のみによる地域区分と同様の区分がなされることが分かった。これより、日本全国における多くの地域では HDD18<sub>est</sub> に従った区分となることが推察される。

## (3) 南西諸島の地域に対する地域区分

現在の地域区分において一つの地域に区分される南西諸島の地域では、冷房負荷の傾向が大きく異なる地域が混在していることが分かった。これらの地域に対して HDD18 と CDD22 による地域区分では、CDD22<sub>est</sub> による区分範囲での区別が効果的に適用され、冷房負荷が異なる地域を区分することができた。

得られた知見から暖冷房負荷を考慮した地域区分法を整理し、地域区分の煩雑化を避けるために極端な地域の区分数増加を抑え、かつ暖房負荷及び冷房負荷両者による傾向を反映した地域区分とした。適切な省エネルギー対策を講じるためには、暖房負荷及び冷房負荷両者による傾向を踏まえる必要があるため、両者を踏まえた地域区分法である本論で提案する暖冷房負荷を考慮した地域区分法は有用と言える。

---

第 6 章では、建築物の省エネルギー基準における地域区分について考察した。建築物の省エネルギー基準に関する考察のため、オフィス用標準問題の基準階を対象とした暖冷房負荷算定をはじめに行っている。建築物の省エネルギー基準では、簡易的な PAL 値算定の際の年間暖冷房負荷計算において拡張デGREE法を用いた算定方法が用意されており、その中で地域の区分が利用される。よって、このとき利用される地域区分における各区分の暖冷房負荷傾向を算定した暖冷房負荷を用いて確認することとした。この結果得られた知見を以下に示す。

#### (1)各区分における暖冷房負荷の傾向

標高を考慮するための地域修正表の利用によって各区分における暖冷房負荷の範囲が抑えられていることが確認できた。また、各区分で段階的に暖冷房負荷が区分される傾向についてもみられるため、有用な地域区分がなされていると言える。

#### (2)代表都市の選定

拡張デGREE法では、拡張暖房デGREE及び拡張冷房デGREEの算定を簡便化するため、地域区分での各区分に代表都市を選定し、その都市における拡張暖房デGREE及び拡張冷房デGREEを予め算定し表にまとめている。そのため、代表都市は各区分における平均的な状態にあることが望ましい。しかし、各区分における暖冷房負荷の平均値と代表都市における暖冷房負荷の間に乖離がみられた。よって、代表都市の選定には見直しの余地があることを提言した。しかし、各区分における暖冷房負荷の平均値から代表都市を選定した場合、必ずしも主要都市が代表都市として選定されるとは限らず、代表都市の選定には行政的な判断の必要性は否めない。

暖房負荷及び冷房負荷の適切な区分状況から非住居系建築物において現在行われる地域区分に妥当性を確認することができた。また、代表都市の選定については各区分の暖房負荷及び冷房負荷を総合的に判断し、新たな代表となる都市の選定の必要性を示すことができた。これらの結果を踏まえた上で、第 6 章では最後に、住宅における地域区分と非住居系建築物における地域区分での区分の統合について検討した。ここでは、第 5 章において提案した暖冷房負荷を考慮した地域区分法を非住居系建築物における地域区分へ適用することを試みた。適用における考察から得られる知見を以下に示す。

#### (1)オフィスの基準階における暖房負荷、冷房負荷と HDD18、CDD22 の関係性

オフィスの基準階における暖房負荷及び冷房負荷と HDD18、CDD22 がそれぞれ極めて高い相関関係にあることが分かった。これより、HDD18 と CDD22 による地域区分を非住居系建築物における地域区分へ適用することが可能となる。

#### (2)暖冷房負荷を考慮した地域区分法の適用

HDD18<sub>est</sub> と CDD22<sub>est</sub> による各区分の負荷範囲は、現在の地域区分による各区分の負荷



範囲と比較して広がりが見られず、十分効果的な地域区分が行えることが分かる。また、各区分からの代表都市選定についても適切に行えると推察される。

この結果から暖冷房負荷を考慮した地域区分法を非住居系建築物における地域区分へ適用することは可能であると判断した。明快な地域区分という観点から、暖冷房負荷を考慮した地域区分法による住宅と非住居系建築物における地域区分での区分の統合は期待が大きい。

第7章では、研究結果及び新たに得られた知見を総括するとともに、今後の研究において解決すべき課題とその展望についてまとめる。

## 7-2. 今後の課題と展望

本論では、住宅の省エネルギー基準に関する地域区分及び建築物の省エネルギー基準に関する地域区分において、新たな地域区分法を提案した。提案する地域区分では、これまでに考慮されていない標高や冷房負荷を適切に評価することで、省エネルギー対策を講じるための効果的な地域区分が可能となる。さらに、地域区分の簡便性という観点からも任意地点における1次細分区域及び標高という比較的簡単に入手できる情報のみで地域区分が行えることは有用である。また、住宅及び非住居系建築物における地域区分の区分を統合することによって、地域の区分に明快さをもたらすことが期待される。

このようにさまざまな優位性が示された本論で提案する地域区分法が省エネルギー基準において利用されることが望ましい。しかし、省エネルギー基準において利用されるためには今後以下に示す課題を解決していかなければならない。

### (1) 地域区分への行政的なアプローチ

気候状態あるいは暖冷房負荷の傾向を考慮して本論では新たに地域区分法を提案した。これは地域区分の目的を考えると理想的な地域区分と言えるが、実際の運用段階を考えると都市の関連性等を考慮した行政的な判断が必要になることは十分考えられる。実用的な地域区分のための行政的なアプローチについても考慮した地域区分の検討は必至である。

### (2) 地域区分に対応する省エネルギー基準の整備

本論では提案する地域区分法による地域区分の整備を行ったが、省エネルギー基準において各区分に定める省エネルギー水準については整備していない。地域区分が改変されれば各区分での省エネルギー水準の改変も当然必要になる。今後新たな地域区分法での地域区分を行うためには、各区分の暖冷房負荷に応じた省エネルギー水準の整備が必至である。

上記する課題の解決により、日本全国の任意地点において簡便で適切な地域区分が行われることを期待する。

## Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Study on Area Classification of Energy Conservation Standards in  
Consideration of Altitude

This paper aims to perform more precise area classification, which is used in energy conservation standards. For this purpose, this paper clarifies the relation between climate state (climate indicators) and altitude that affects area classification, and also formulates the area classification method using a new process based on this relation.

In Chapter 1, the social background of this study was described; the significance and objectives of the study were clarified; previous studies were organized; and the positioning of this study was shown.

In Chapter 2, the relation between air-conditioning heat load and meteorological elements such as ambient temperature, humidity, etc. was discussed from the analyses covering the whole Japan. In addition, as the climate indicators reflecting each meteorological element, heating-cooling degree-day and heating-cooling degree M value that referred to the conventional area classification and previous studies were shown. The relation between these climate indicators and residential air-conditional heat load was clarified, and the mapping of the whole Japan using these climate indicators was attempted.

In Chapter 3, the climate distribution in Japan, which is an island country belonging to a wide range of climate zones, was displayed using heating-cooling degree-day and heating-cooling degree M value as climate indicators. In order to further clarify the relation with altitude, climate distribution at sea level (altitude 0 m) was prepared by utilizing temperature lapse rate, and the climate distribution at each altitude point and the climate distribution at sea level were compared. In addition, the effects of factors other than altitude, such as latitude, landform, urbanization, etc., on climate distribution were also discussed in this chapter.

In Chapter 4, the conditions of heating-cooling load at each division, when the conventional area classification was applied, were organized. The zones, where

---

---

improper classification was carried out, were picked up, and solution methods were discussed. This paper focused attention on the strong correlation between heating degree-day, which is a climate indicator used in area classification, and altitude, and formulated the technique composed of the following steps (1) – (3) as the new area classification that reflected the effects of altitude, which had not sufficiently taken into account in the traditional area classification.

- (1) Heating degree-day at sea level is calculated for each primarily finely divided zone.
- (2) Using (1) as standard, the increment of heating degree-day originated from altitude difference from sea level is added.
- (3) The heating degree-day estimated from (2) is classified to certain ranges to determine the division.

In addition, this chapter showed examples, in which the area classification based on this technique was applied to the zones that were judged as improper from the conventional division method, and verified the applicability of the new area classification method that was devised in this chapter.

In Chapter 5, considering an increase in cooling load in the air-conditioning heat load of housing, a new area classification method additionally considering cooling load was examined. In the area classification method with target on cooling load, by taking into account the area classification method based on the estimation of heating degree-day proposed in Chapter 4, the method using the estimation of cooling degree-day was devised. In addition, in order to facilitate the area classification corresponding to trends in heating-cooling load, the reasonable unification method that combined the area classification based on the estimation of heating degree-day and the area classification based on the estimation of cooling day-degree was examined. In trying this unification, the division based on heating-cooling degree-day and trends in the heating-cooling load of each division were analyzed in detail, and well-suited grouping and the area classification corresponding to the grouping were examined.

In Chapter 6, as for the area classification used in the extended degree-day method that was applied to non-residential buildings, air-conditional heat load in each zone and typical cities as the representatives of the zone were analyzed, and the validity of the method in the conventional division and typical cities were discussed. In addition, as for the usefulness of a regional correction table used for the method to correspond to the effects of altitude in the extended degree-day method, confirmation was made using the

---

trends in air-conditioning load in each division. In addition, by applying the area classification method newly devised for residential area classification to non-residential area classification, the method to take into account the altitude was evaluated.

In Chapter 7, research results and newly obtained findings were summarized, and challenges to be solved in future studies and the prospects were organized.

## 既発表論文一覧

### (1)審査付き論文

著者名	発表論文名	掲載誌	頁	発行年月
窪田真樹, 二宮秀與, 曾我和弘	標高を考慮した住宅の 省エネルギー基準の地 域区分に関する考察	日本建築学会環境 系論文集, 第77巻, 第681号	pp.855-862	2012年11月

### (2)学術講演会発表

著者名	発表論文名	掲載誌	頁	発行年月
窪田真樹, 二宮秀與, 曾我和弘	標高を考慮した住宅の 省エネルギー基準の地 域区分に関する考察	日本建築学会大会 学術講演梗概集(関 東) D-2	pp.471-472	2011年8月
窪田真樹, 二宮秀與, 曾我和弘	標高を考慮した住宅の 省エネルギー基準の地 域区分に関する考察 その2 暖房・冷房度日 の推定値による地域区 分と暖冷房負荷比率	日本建築学会大会 学術講演梗概集(東 海) D-2	pp.213-214	2012年9月

## 研究助成

### (1)公益財団法人 LIXIL 住生活財団 2012年度 若手研究助成(学生)

助成対象研究テーマ：標高を考慮した住宅の省エネルギー基準の地域区分に関する考察

研究代表者：窪田 真樹

## 謝辞

本研究を進め、論文として取りまとめるにあたり、永きに渡って並々ならぬ御指導、御鞭撻を賜りました鹿児島大学大学院理工学研究科准教授 曾我和弘博士に深く感謝の意を表し、心からの御礼申し上げます。曾我先生は、鹿児島大学 4 年時の研究室配属以来、研究について右も左も分からなかった私に研究の進め方、研究資料の作成方法、研究成果の発表方法等懇切丁寧に御指導くださいました。また、鹿児島大学大学院理工学研究科博士前期課程及び博士後期課程への進学時には指導教員として快く受け入れていただきました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

鹿児島大学大学院理工学研究科教授 二宮秀與博士、同教授 本間俊雄博士には、副指導教員として半期ごとの専攻ゼミナール及び特別演習における私の報告に対して貴重な御助言をいただきました。さらに、本論文の審査にあたっても注意深く確認していただき、的確に御指導いただきました。また、二宮先生には学術論文作成時に一字一句の細部に至る丁寧な御指導を賜りました。鹿児島大学大学院理工学研究科助教 長澤康弘博士には、研究に対してだけではなく建築環境工学全般の的確かつ有益な御助言をいただきました。深く感謝の意を表し、心からの御礼申し上げます。

鹿児島工業高等専門学校校長 赤坂裕博士には、学術論文作成時や気象データ委員会等で多くの御助言をいただきました。さらに、気象データ委員会では研究報告の機会を設けていただき、秋田県立大学教授 松本真一博士、同助教 細淵勇人博士、大阪市立大学教授 井川憲男博士、同教授 永村一雄博士、岡山理科大学准教授 中山哲士博士、鹿児島工業高等専門学校准教授 武田和大博士、同准教授 野澤宏大博士、首都大学東京助教 福留伸高博士、鹿島建設株式会社 荒井良延氏、株式会社竹中工務店 菊池卓郎氏、日本板硝子株式会社 木下泰斗氏、YKK AP 株式会社 齊藤孝一郎氏より研究への貴重な御助言を賜りました。深く感謝の意を表し、心からの御礼申し上げます。

公益財団法人 LIXIL 住生活財団には、2012 年度若手研究助成(学生)として本研究に対して助成いただきました。深く感謝の意を表し、心からの御礼申し上げます。

これまで出会った多くの先輩諸氏には研究に対する御助言をいただいただけでなく、様々な面で相談に乗っていただきました。先輩諸氏からは多くのことを学ぶことができたと思います。株式会社 LIXIL 宮澤千頭氏には、博士後期課程で同期として専攻ゼミナールや論文作成等で御協力いただきました。また、後輩諸氏、友人諸氏には日々の生活の中で様々な支援をいただきました。深く感謝の意を表し、心からの御礼申し上げます。

最後に私事ではありますが、博士前期課程及び博士後期課程への進学を温かく見守り、長かった学生期間を支え続けてくれた父、母、祖父、祖母、妹へ深く感謝の意を表し、心からの御礼申し上げます。

2013 年 3 月  
窪田 真樹

---