

12. 居住環境の調整にかかわる研究

研究の方法

- ・ 居住環境の実測・現状把握・模型実験

道具や実験装置が必要

ある程度は経験の世界

何事も実態把握から，困った時には，現場に戻る

現状把握をして，問題点を見いだす

（ 私の研究方法は，基本的にはこれ）

- ・ 理論の構築

頭と鉛筆と紙があればできる（極端に言ってしまう）

物理学と数学を用いる

理学的な厳密性と工学的な応用性の兼ね合いが問題

- ・ シミュレーションによる検討

主として，コンピューターを用いる

コンピューターの発達に伴い，シミュレーションの分野が急激に発達

CFD（Computational Fluid Dynamics，数値流体力学）

特に代替手段を提案するとき有効

それぞれの方法は独立して存在しているわけではなく，相互に影響を及ぼしあって，研究が進んでいく

13. これまでの研究テーマ

2000年度以前の主な研究テーマ

- 1) 都市のアーケードデザインの歴史的変遷に関する研究
- 2) 温暖多照地域における全蓋式アーケード内部の気温分布性状と温熱環境の評価
- 3) 東南アジアを中心に分布する連続覆付歩廊内部の温熱環境に関する研究
- 4) 都市の半戸外空間内部の温熱環境に関する地域の差異を考慮した評価方法の提案（19ページ以降を参照のこと）

2000年度の地域環境調整工学研究室の主な研究テーマ

- 1) 新設された片側式アーケード内部の温熱環境に関する調査研究
- 2) 大学研究室の一時移転に伴う照明環境の変化に関する調査研究（鬼木さん卒業研究）
- 3) 熊本地域の風環境マップの作成 - 20箇所のデータを用いて - （町田さん卒業研究）
- 4) 南洋群島の建築組織について（矢野さん卒業研究）
- 5) 戦前期の「南方建築」に用いられた室内環境調整手法に関する文献調査（八幡さん卒業研究）

2001年度の地域環境調整工学研究室の主な研究テーマ

- 1) 戦前期南洋群島への建築技術の伝播
- 2) ヤップ島に現存する日本委任統治時代の建築物
- 2) 地域コミュニティの核としての商店街における公共性 - 商店街組織と施設に着目して -
- 3) 遮光網が全蓋式アーケード内部の温熱環境に与える影響に関する研究
- 4) 棚田を持つ農山村における夏季の自然エネルギーの実態に関する研究（右近さん卒業研究）
- 5) 熊本市内の茶室における照度分布と推移に関する調査研究（牛島さん卒業研究）
- 6) 南洋群島における建築物の床下の構造について（香山さん卒業研究）
- 7) 乳幼児の生活環境における冷暖房機器についての意識に関する研究 - 熊本市を対象として - （中村さん卒業研究）
- 8) 吹抜け空間をもつ環境共生型オフィス内部の温熱環境（増成さん卒業研究）

2002年度の地域環境調整工学研究室の主な研究テーマ

- 1) 戦前期の南洋群島における建築物にみられる室内環境調整手法と気候風土に関する研究
- 2) 環境に配慮したアーケードの総合的な評価と改善策の提案に関する調査研究（熊本大学工学部矢野研究室との共同研究）
- 3) 棚田を持つ農山村における生活環境に関する研究（中島研究室との共同研究）
- 4) 阿蘇におけるサイン（屋外広告物）のあり方（総合管理学部立山先生との共同研究）

14. レポート課題

以下の課題について、A4判2枚以上のレポートを作成してください。書式は自由。ただし、学部名、専攻名、学籍番号、名前などはきちんと書くこと。

- 1) あなたが日常生活の中で滞在もしくは通過するところのうち、最も良い環境だと思われるところと最も悪い環境だと思われるところを挙げてください。さらに、講義の内容と関連づけて、どうしてそう思うかを説明してください。また、悪い環境だと考えたところを、良い環境にするにはどうすれば良いと思いますか？
- 2) あなたの周りで見つけることができるような、居住環境を上手に調整するためになされている工夫を挙げて、それがどのような工夫で、どのような効果を挙げているのか、を説明してください。
- 3) 授業の感想、意見などを自由に書いてください。

締め切り

11月11日(月)

レポートの提出先・講義を通しての質問

下記の担当者の所まで。なお、担当者に直接手渡さないで扉にはるなどした場合は、紛失しても責任はもてない。その他質問なども、以下の担当者まで。

講師・辻原 万規彦

部屋：環境共生学部旧棟（旧生活科学部棟）4階西南角

電話：096-383-2929（内線492）

e-mail：m-tsuji@pu-kumamoto.ac.jp

助手・香川 治美

部屋：環境共生学部旧棟（旧生活科学部棟）4階南側中央付近

電話：096-383-2929（内線482）

e-mail：haru206@pu-kumamoto.ac.jp

参考 URL

講義で配付した資料は、下記のホームページからダウンロード可。

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/tsukuru.html/kyojyutsukuru.html>

【カテゴリ-III】

日本建築学会計画系論文集 第519号, 101-108, 1999年5月
J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ, No. 519, 101-108, May, 1999

都市の半戶外空間内部の温熱環境に関する地理的差異を考慮した 評価方法の提案

PROPOSAL OF EVALUATION METHOD OF THERMAL ENVIRONMENT INSIDE SEMI-OUTDOOR SPACE IN CITY FROM VIEWPOINT OF GEOGRAPHICAL DIFFERENCE

辻原 万規彦*, 中村 泰人**, 田中 稔***

Makihiko TSUJIHARA, Yasuto NAKAMURA and Minoru TANAKA

The aim of the study is to obtain the design method for thermal environments inside semi-outdoor space, such as covered mall. First, thermal environments inside covered malls located in West Europe under cold climate in winter were investigated on field observations in winter 1996. Next, taking geographical difference into account, the climate control ratio was proposed and the semi-outdoor space was divided into two types of heating control and cooling control based on the meaning of climate control. Then, the climate control ratio was applied to evaluate the climate inside the semi-outdoor spaces at West Europe, Southwest Asia and Imabari City, Japan.

Keywords: Semi-outdoor space, Field observation, SET, Climate control ratio, Geographical difference*

半戶外空間, 現場実測, SET*, 気候緩和率, 地理的差異

1. はじめに

日本各地で見られるアーケードの内部空間などの都市の半戶外空間は、屋外空間と室内空間の緩衝地帯であり、地域特有の厳しい気候条件を環境への負荷を増加させることなしに緩和し、快適な公共空間を提供してきた。しかし現状では、既存の調査や研究は少なく^(注1)、設計のための指針が示されていないために、その整備手法に混乱がみられる。

そこで筆者らは、都市の半戶外空間内部の温熱環境設計に役立てるために、各地の気候風土に即した設計指針を提示することを目指して研究を行ってきた。まず、都市の半戶外空間内部の温熱環境の現状を把握することを目的として、温暖多湿な瀬戸内気候帯に位置する愛媛県今治市の全蓋型アーケードを対象に、夏季と冬季の2度にわたって詳細な測定を行った^{(注1)・(注2)}。続いて、今治での夏季の測定に対応させて比較を行うために、日本より南方の熱帯性の気候を持つ、東南アジアを中心に見られる都市の半戶外空間の一形態である「連続覆付歩廊」を対象に、測定を行った^(注3)。

現状ではまず第一に、都市の半戶外空間に関する基礎資料の整備が急務と考え、これまで基礎データの収集に務めてきた。しかしその一方で、何らかの方向性を持ってデータ収集を行わなければ、収集したデータを活用できない事態にもなりかねない。そのため、より体系的なデータ収集を始める前に、都市の半戶外空間

内部の温熱環境の評価方法を確立し、今後の調査および研究の進むべき方向性を定める必要がある。

そこで本稿では、まず、今治での冬季の測定に対応させて比較を行うために、日本より高緯度かつ寒冷な気候風土を持つ冬季の西ヨーロッパの「覆付街路」を対象に行った測定について述べる。

次いで、これまでの測定を通して、様々な都市の半戶外空間内部の温熱環境の比較を可能にするために、評価指標を提案することを考えた。地理的差異があっても、したがって気候・風土が異なっているとしても、様々な都市の半戶外空間内部の温熱環境がある一つの指標のもとで評価し、相互に比較することによって、それぞれの空間の特質が明らかにできると考えたからである。

さらに、実際に収集したデータに、提案した指標を適用して、各々の都市の半戶外空間の特質を明らかにする際の有効性について考察した。

なお本稿の一部は、文献4)および5)で発表した内容に修正・加筆を行ったものである。

2. 都市の半戶外空間

都市の半戶外空間とは、建築内部の室内空間と屋外空間の間に位置する都市施設のことである。たとえば、個々の建築物に付属しているものであっても、それらが連続し、全体として都市施設

* 京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻
博士後期課程・修士(工学)

日本学術振興会特別研究員
** 熊本県立大学環境共生学部 教授・工博

*** 神村鉄工機

Graduate Student, Department of Global Environment Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University, M. Eng.
Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science
Prof., Faculty of Environmental and Symbiotic Sciences, Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.
Kamimura Iron Works Co. Ltd.

としての役割を果たしているものを指す。また基本的には、空調設備などを用いた機械的な環境調節手法をとらずに、外界の気候を緩和して快適な都市内公共空間を提供しようとしているものを指す。例えば、日本各地に見られるアーケード、北日本に見られる雁木やこみせ、中国大陸南部から東南アジアに分布する「連続覆付歩廊」、ヨーロッパや北米に分布する「覆付街路」などが挙げられる。

アーケードは日本の各地に広く分布し、建設省通達の設置基準⁶⁾では「「アーケード」とは日よけ、雨よけ、又は雪よけのため、路面上に相当の区間連続して設けられる公益上必要な建築物、工作物その他の施設をいう。」と定義され、そのうちさらに「道路の一侧又は両側に設けるアーケード」および「道路の全面又は大部分をおおうアーケード」に分けられている。また雪よけを主な目的として、新潟県を中心として雁木が、青森県を中心としてこみせが分布している⁷⁾。

「連続覆付歩廊」（以下、覆付歩廊と称する）は、「街路沿いの家屋の、道路に面した一階部分を柱廊として幅2～4mほど開放し、これが連続してきた空間」であり⁸⁾、中国大陸南部から東南アジアにかけて広く分布する⁹⁾。その呼称は、「亭仔脚」（台湾）、「騎樓」（中国大陸南部）、「カキ・リマ」もしくは「五脚基」（マレー半島）などと地域によって様々であるが、遮陽避雨の役割を果たすと言われているだけでなく、日常の生活の場としても機能してきた。

「覆付街路」は、J. F. Geist が「二つの通行量の多い街路をつなぎ、両側に店が並び、ガラスで覆われた街路」¹⁰⁾と定義したもので、およびその系譜をひくものであり、ヨーロッパや北米に広く分布する。このような施設は18世紀末のパリで生まれたとされ、19世紀にヨーロッパや北米などに広まり、現在でも数多く残っており、パサージュ、ガレリア、アーケードなどと呼ばれている。また1970年代の初めには、新しいタイプのガラスアーケードが誕生し、ドイツでの事例をはじめ数多くの事例が見られる¹¹⁾。

3. 冬季の西ヨーロッパでの測定

3.1 測定場所の概要

気候風土や社会的背景の相違を考慮して、以下のような方針で測定場所として3ヶ所を選定した。

まず、19世紀に建設された多くのパサージュが現存し、W. Benjamin が『パサージュ論（Das Passagen-Werk）』¹²⁾で扱ったパリ。次に、パリより低緯度でかつスケールの非常に大きなガレリアが現存するミラノ。最後に、より高緯度でかつ近年多くのショッピングアーケードが建設された¹³⁾ハンブルクを選定した。

(1) ハンブルクの地理と気候

ハンブルク市（ハンブルク州）はドイツ連邦共和国の北部、北緯約53度、東経約10度に位置し、人口は約166万人（1990年）を数える。市の中心部には11のショッピングアーケードが見られる。

西岸海洋性気候に属し、測定を行った12月中旬の日の出の時刻は平年で8:32、日の入りは16:00であり、6月中旬（日の出：3:48、日の入り：20:52）と比べると、高緯度のためその差は大きい¹⁴⁾。月別平均気温と降水量¹⁵⁾を図1に示す。凡例の「HAM」がハンブルク、「Temp」が平均気温、「Rain」が平均降水量を表す（以下、同じ）。

(2) ミラノの地理と気候

ミラノ市はイタリア共和国北部のロンバルディア州の州都であり、北緯約45度、東経約9度の位置にあり、人口およそ144万人

（1990年）で、イタリア第2の都市である。

温暖湿潤気候に属し、比較的温暖で、降水量は冬に多く夏は少ない。月別平均気温と降水量¹⁶⁾を図1に示す。凡例の「MIL」がミラノを表す。

(3) パリの地理と気候

パリ市はフランス共和国の首都で、北緯約48度、東経約2度の位置にあり、人口は約215万人（1991年）である。

パリが現在の姿となったのは、Napoléon IIIの治下、1853年にG. E. Haussmann がセーヌ県知事としてパリ大改造に着手してからのことである。

大陸的海洋性気候に属し、フランス国内の中では気温の年較差が大きく、降水量も多いが、たかだか年間800mm程度である。月別平均気温と降水量¹⁵⁾を図1に示す。凡例の「PAR」がパリを表す。

(4) 西ヨーロッパの日照時間

西ヨーロッパはそのほとんどが日本より高緯度に位置し、夏季と冬季での日照に大きな差がある。特に冬季では、日本に比べ日照時間が非常に少ない。月間日照時間の月別平均値^{17)～19)}を図2に示す。なお参考のため、大阪のデータ²⁰⁾も併せて示す。凡例の「OSA」が大阪を表す。

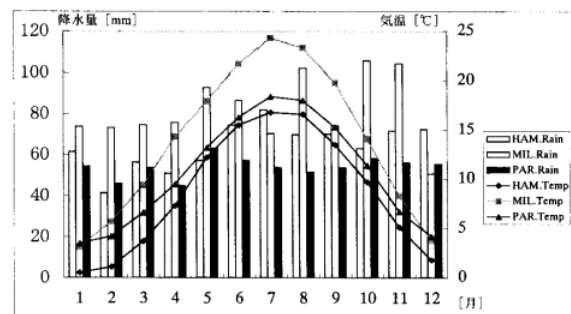


図1 各地の月別平均気温と降水量

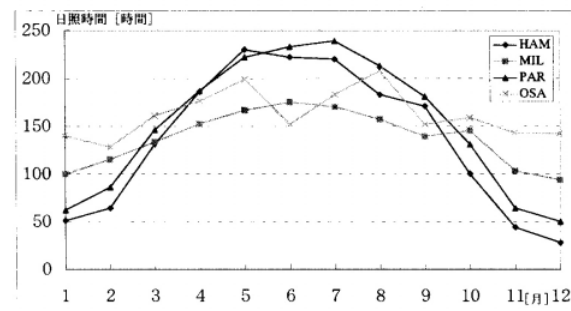


図2 各地の月間日照時間

3.2 測定地点の概要^{注2)}と測定方法

(1) ハンブルクの測定地点

- ・測定日時：1996年12月10日（火）・11日（水）
- ・内部測定地点：Hanse-Viertel, Große Bleichen / Poststraße
- ・外部測定地点：Rathaus-market

両地点とも、中心商業地区にある。内部測定地点のハンザ・フィアテル²¹⁾は1970年代末に建設され、11のアーケード中でも店舗数が最大であり²²⁾、ウィンドーショッピングを楽しむ人々が一日中絶えない。また出入口にはエアー・カーテンが設置されていた。

外部測定地点は市庁舎前広場で、地面はブロックで覆われていた。太陽の南中高度が低いことを考慮して、広場の北寄りに測定地点を設定した。外部測定地点の天空率は、0.859であった。内部測定地点の平面図と断面図²⁵⁾を図3と図4に、写真を写真1に示す。

また、測定を行った両日とも（12月10日・11日）、一日を通して概ね曇天であった。日没はおおよそ16:00頃と推測された。

(2) ミラノの測定地点

- ・測定日時：1996年12月17日（火）・18日（水）
- ・内部測定地点：Galleria Vittorio Emanuele II
- ・外部測定地点：Piazza del Duomo

両地点ともミラノ市の中心部に位置し、一日を通して人通りが絶えない。内部測定地点はドゥオモ前の広場とスカラ座前広場を結ぶ、観光名所でもあるガレリア・ヴィットリオ・エマヌエーレII世²⁴⁾の内部である。外部測定地点はドゥオモ前広場であり、太陽の南中高度が低いことを考慮して、広場の北寄りに測定地点を設定した。外部測定地点の天空率は、0.762であった。内部測定地点の平面図と断面図²⁵⁾を図5と図6に、写真を写真2に示す。

また測定を行った両日とも（12月17日・18日）、日中晴れ間が覗き、日が差すことがあったが、それ以外は曇天であった。日没はおおよそ17:00前と推測された。

(3) パリの測定地点

- ・測定日時：1996年12月21日（土）・22日（日）
- ・内部測定地点：Passage Jouffroy, 10, Boulevard Montmartre
- ・外部測定地点1：Palace de la Bourse
- ・外部測定地点2：Boulevard HaussmanとBoulevard des Italiensの交差点

測定地点は全てパリの中心部とモンマルトルの丘のほぼ中間の繁華街にある。内部測定地点のパサージュ・ジョフロワ²⁶⁾・^(注3)は1846年に建設され、中央部で直角に折れ曲がる構造を持つ。外部測定地点は、事情により途中で測定地点を変更した。21日の13時までは証券取引所の前の広場である。21日の15時以降はオスマン大通りとイタリア大通りの交差点の歩道である。太陽の南中高度が低いことを考慮して、両地点とも北寄りに測定地点を設定した。外部測定地点の天空率は、地点1が0.673、地点2が0.553であった。内部測定地点の平面図と断面図を図7と図8²⁷⁾に、写真を写真3に示す。なお、断面図は入手できなかった。

また測定を行った両日とも（12月21日・22日）、一日を通して概ね曇天であったが、21:00ごろには霧雨が観測された。日没は17:00頃と推測された。

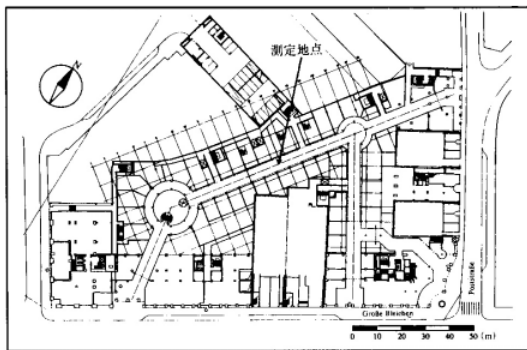


図3 ハンブルク内部測定地点平面図

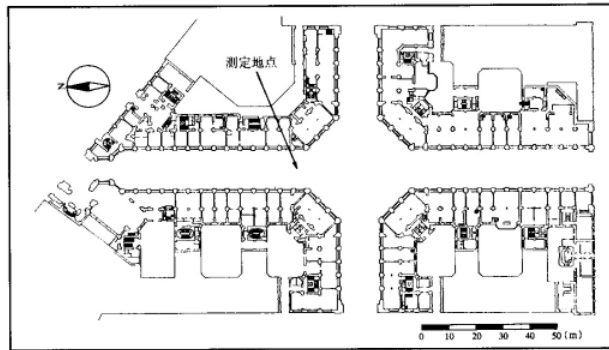


図5 ミラノ内部測定地点平面図

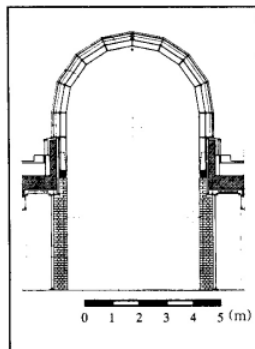


図4 ハンブルク内部測定地点断面図

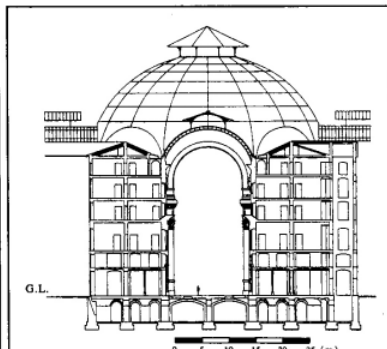


図6 ミラノ内部測定地点断面図



写真1 ハンブルク内部測定地点



写真2 ミラノ内部測定地点

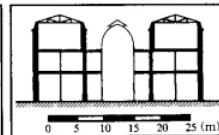


図8 パリ内部測定地点断面図



写真3 パリ内部測定地点

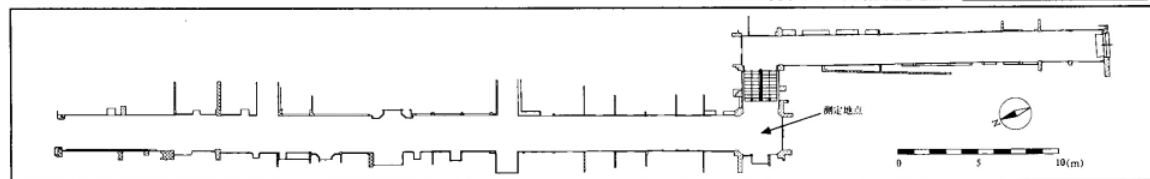


図7 パリ内部測定地点平面図

(4) 測定方法

表1に示す機器を用いた。測定時間は人々の利用時間帯を考慮して、午前9時から午後9時までとし、2時間おきに合計7回測定を行った。1回の測定は30秒間隔の10分間である。

内部の測定は、例えば午前9時の測定ならば、午前8時55分から10分間である。風速は、30秒間隔で測定したものの(30秒間の平均値)を書き取った。風向は、手製の簡易風向指示具によって可能な限り判断して書き取った。表面温度は、自動測定の開始前または終了後に手動で行い、書き取った。

外部の測定は、内部の測定終了後、速やかに測定地点まで移動後、可能な限り早く開始し、内部の測定と同様の手順で行った。

表面温度計の測定箇所は、各測定地点において、そこから見える代表的と思われる点を選定した。内部測定地点では30点前後、外部測定地点では15~20点前後をハンディモードで測定を行った。

表1 使用測定機器一覧

自動測定	気温 湿度 グローブ温度 日射 データロガー	T型極細熱電対 線径0.08mm(オメガ製) 温湿度センサ THP 2119A(江藤電気製) ^{注1)} グローブ温度計(自作) ^{注2)} 上下二面日射計 MR-22(英弘精機製) THERMIC 2100A(江藤電気製, リチウム電池使用)
手動測定	風速 表面温度	Tr式微風速計 AM-03(リオン製) 放射温度計 TA-0510(ミノルタ製)

注1) 温度センサの素子
温度センサ: PT100Q4線測定法
湿度センサ: 静電容量感湿素子(温度補償型, HY CAL ENGINEERING製)
注2) グローブ温度計
黒塗りのピンポン玉(直径3.8cm) + 銅-コンスタンタン熱電対(線径0.32mm)

3.3 SET*の算出

SET*の算出には、1976年のGaggeらの文献²⁸⁾に添付の計算プログラムのうち、1986年のGaggeらの文献²⁹⁾に添付の計算プログラムで修正されている箇所を置き換えて使用した。クロ値は、2.0 clo、代謝量は1.5metとした。算出したSET*に対しては、『ASHRAE HANDBOOK』において与えられている温冷感と快適感についての評価図³⁰⁾(以下、評価図と称する)に従って、以下の分析を進めた。

なお、SET*の算出に必要な平均放射温度については、次のようにして求めた²⁾。

算出しようとする平均放射温度を、日射によるものと長波放射によるものとに分け、中村らの立方体を基にした表現³¹⁾に従い、各面における日射の平面放射温度と長波放射の平面放射温度を求め、等価形態係数²²⁾を用いて算出した。立方体の各面における日射の平面放射温度は、上下二面日射計による測定値を割り振ることによって算出した。長波放射の平面放射温度は、「代表的な表面温度を含む部分では、同じ表面温度を示す」と仮定して、代表的な表面温度の測定値に形態係数を乗じて算出した。ただし「天空の表面温度」については、測定値がないため、文献³³⁾を参考として、計算で求めた。

3.4 測定結果

3.4.1 ハンブルクでの測定結果(12月10日・11日)

図9と図10に、ハンブルクの1日目(12月10日)と2日目(12月11日)の覆付街路内部(以下、内部と称する)と外部での気温とSET*について、9:00~21:00まで2時間おきに示す。なお、ハンブルクの1986~1995年の過去10年間の12月の日最低気温および日最高気温の平均値は、それぞれ0.8℃および4.3℃である³⁴⁾。測定値は-0.5~1.9℃であったから、過去10年の観測値に照らすと、かなり寒冷な状態であったことになる。図中の時刻は、

例えば「9:00」ならば、「9:00の測定時」の意味である。また凡例の「IN」が内部を、「OUT」が外部を表す。なお2日目(12月11日)は、事情により、内部では9:00~11:00、外部では9:00~13:00のみしか測定できなかった。

なおハンブルクの測定では、比較的热容量が大きく、時定数が大きいと考えられる上下二面日射計と温湿度センサの示度が、誤差と考えられる以上の値を示すことがあった。これは内部と外部の温熱環境に大きな差異があったことによると考えられるが、特に補正を行うことはしなかった。

評価図では、10℃以下に対する評価は示されていない。外部のSET*は、両日とも10℃を越えることはなく、「very cold」で、「uncomfortable」な環境もしくはそれ以下の環境である。

内部のSET*は、外部のSET*に比べると、一日を通して高く、中立・快適域に近づいており、評価図によれば、「slightly cool」で、「slightly uncomfortable」と「comfortable」の中間の環境と、覆付街路によって内部の温熱環境は改善されていると言える。

また内部と外部の温熱環境には大きな差がある。これは覆付街路の出入口に設置されていたエアーカーテンによって内部がほぼ完全に閉じられた空間となっていたためと考えられる。内部の環境は、SET*から判断すれば、比較的快適な環境であるが、内外の大きな差は、通行人の心理面へ影響を与えられ、どの程度の内外の差が許容されるのかについては今後の調査が必要である。

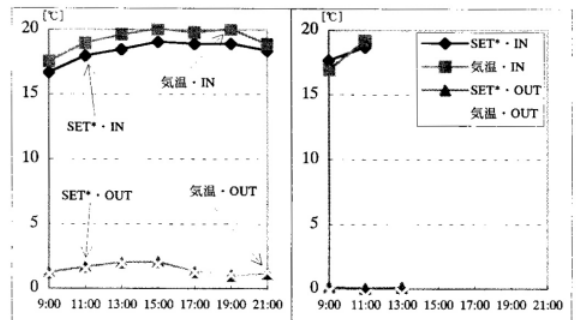


図9 ハンブルク1日目(12月10日)の気温とSET*
図10 ハンブルク2日目(12月11日)の気温とSET*

3.4.2 ミラノでの測定結果(12月17日・18日)

図11と図12に、ミラノの1日目(12月17日)と2日目(12月18日)の内部と外部での気温とSET*について、9:00~21:00まで2時間おきに示す。なお、ミラノの1986~1995年の過去10年間の12月の日最低気温および日最高気温の平均値は、それぞれ0.3℃および6.6℃である³⁴⁾。測定値は5.9~9.4℃であり、測定時間は日中から夜間にかけてであったから、測定値は通常よりはやや温暖な状態を反映していると思われる。

評価図によれば、内部と外部はともに、「very cold」で、「uncomfortable」な環境もしくはそれ以下の環境である。

ミラノでは、昼間に日が差すことがあり、12月18日の13:00には外部のSET*は内部のSET*よりも高く、中立・快適域に近づいており、この時、覆付街路によって内部の温熱環境は改善されてはいない。しかしそれ以外は、内部のSET*の方が、外部のSET*よりも高く、内部の温熱環境は改善されている。また夜間では、内部のSET*と外部のSET*の差が昼間に比べて大きいのが、これは覆付街路上部の覆いにより放射冷却の影響を受けにくいためであ

ると推測される。すなわちミラノでは、覆付街路は、夜間については、内部の環境の改善に寄与しているが、昼間については寄与していないと言える。

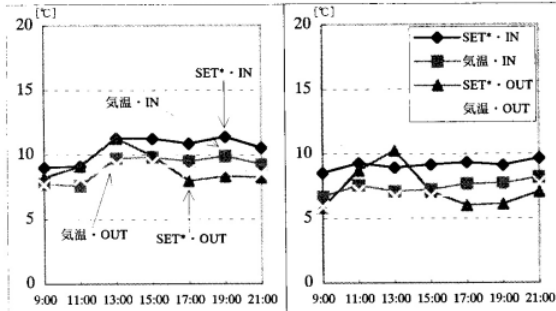


図11 ミラノ1日目(12月17日)の気温とSET*
図12 ミラノ2日目(12月18日)の気温とSET*

3. 4. 3 パリでの測定結果(12月21日・22日)

図13と図14に、パリの1日目(12月21日)と2日目(12月22日)の内部と外部での気温とSET*について、9:00～21:00まで2時間おきに示す。なお、パリの1986～1995年の過去10年間の12月の日最低気温および日最高気温の平均値は、それぞれ3.0℃および7.2℃である^{註4)}。測定値は5.8～7.6℃であり、測定時間は日中から夜間にかけてであったから、過去10年の間では標準的な条件下での値であるとみなし得る。両日とも21:00に小雨が降っていたため、測定を通常の半分の5分間で打ち切った。

評価図によれば、ミラノ同様、内部と外部はともに、「very cold」で、「uncomfortable」な環境もしくはそれ以下の環境である。しかし内部のSET*の方が、一日を通して外部のSET*よりも高く、中立・快適域に近づいており、覆付街路によって内部の温熱環境は改善されていると言える。これは測定を行った際に、外部から内部に入ってくると外部よりも内部の方が快適に感じたことと一致する。

パリではミラノと異なり、昼間は内外の気温とSET*の差が大きい。ミラノでは空間が大きく、内部と外部の区切りがほとんどないが、パリではミラノより小規模な空間のため、内部の人々の活動に伴う発熱などの影響を強く受け、昼間は気温が上昇したと推測される。一方夜間には、人々の活動が少なくなったため、気温が下がり、それに伴ってSET*が下がったと考えられる。

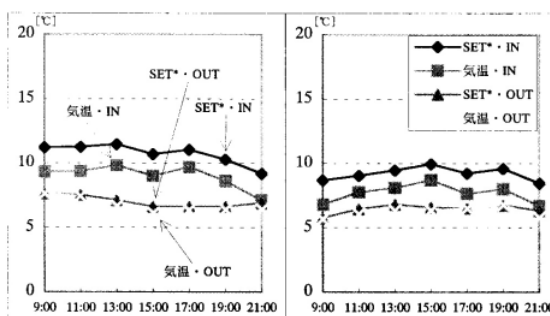


図13 パリ1日目(12月21日)の気温とSET*
図14 パリ2日目(12月22日)の気温とSET*

4. 都市の半戶外空間内部の温熱環境の評価方法の提案

4. 1 半戶外空間内部の気候緩和とその評価方法

都市の半戶外空間は、様々な地域に様々な形態のものがみられ、屋外空間と室内空間の緩衝空間を創り出し、外界の気候を緩和している。半戶外空間の成立要因は自然環境と社会・文化的環境の2つに大きく分けられる^{註5)}。このうち以下では、自然環境、すなわち気温、日照、日射、湿度、降水量、風速・風向などの気候要素に着目する。

地理的差異があっても都市の半戶外空間内部の温熱環境の評価が共通してできるように、半戶外空間内部における気候が、室内空間の気候と屋外空間の気候の間のどの位置にあるかを把握し、屋外空間の気候に比べてどのように緩和・調節されているかを明らかにするための指標として以下に示す「気候緩和率」を提案する。

$$\text{気候緩和率} = \frac{(\text{半戶外空間内部のSET*} - 25^\circ\text{C})}{(\text{屋外空間のSET*} - 25^\circ\text{C})} \quad (1)$$

半戶外空間内部の温熱環境に着目して、室内空間のSET*を中立・快適域の25℃とし、これと屋外空間のSET*との間のどの位置に半戶外空間内部のSET*が位置するかを表したものである。

気候緩和率は値が1の時に、半戶外空間内部と屋外空間の気候が同じであることを示し、半戶外空間内部では気候緩和がなされていないことになる。値が1よりも小さくなれば、半戶外空間内部の気候は屋外空間の気候に比べて緩和され、室内空間に近づいていることを示す。逆に1より大きくなれば、半戶外空間内部の気候は屋外空間の気候より厳しくなっていることを示す。

半戶外空間内部の気候の一日のうちの変化の様子の違いによって、図15のように、「加熱緩和型」半戶外空間と「冷却緩和型」半戶外空間に分けることができる。

加熱緩和型半戶外空間は、夏季に、内部空間の加熱・高温化を抑制する機能をもつ半戶外空間である。このような半戶外空間の内部では、昼間は強い直射日光を避け、気温の上昇が抑制されるため、その気候は外部の気候に比べて緩和される。一方夜間は、半戶外空間の周囲を建物が囲んでいること、また空気の動きが外部よりも小さいことなどから、放射冷却の影響を受けにくく、半戶外空間内部の気候は緩和されにくい。また周囲の建物の躯体における蓄熱による長波放射の影響もある。

冷却緩和型半戶外空間は、冬季に、内部空間の冷却・低温化を抑制する機能をもつ半戶外空間である。このような半戶外空間の内部では、夜間は放射冷却の影響を受けにくく、気温が低下しないため、その気候は外部の気候に比べて緩和される。また周囲の建物の躯体における蓄熱による長波放射や風速が外部よりも小さいことによる影響もある。一方昼間では、太陽高度が低いこともあり、外部からの日射を遮ってしまうために、外部に比べて気温が上昇せず、半戶外空間内部の気候は緩和されにくい。

また気候緩和率の一日のうちの変化の勾配の大小は、晴天か、もしくは曇天かで変化する。晴天では、勾配は大きくなり、曇天では小さくなる。気候緩和率の値の上下は、半戶外空間の形態による。半戶外空間の形態がより開放的で屋外空間に近い場合は、気候緩和率の値は1に近くなるが、閉鎖的で室内空間に近いときは0に近くなる。ただし1を越えれば、値が大きくなるほど再び閉鎖的な空間となる。

ここで、世界の気候をほぼ緯度の変化に対応させて、1)年間暑熱地域、2)季節暑熱地域、3)季節寒冷地域、4)年間寒冷地域の4地域に分ける^{註6)}。年間暑熱地域では、年間を通して加

熱緩和型半戶外空間が要求される。季節暑熱地域と季節寒冷地域では、夏季には加熱緩和型、冬季には冷却緩和型半戶外空間が要求されるが、季節暑熱地域では加熱緩和型が、季節寒冷地域では冷却緩和型がより重要になると考えられる。また年間寒冷地域では、年間を通して冷却緩和型半戶外空間が要求される。

なお気候緩和率がマイナスの値を示す場合は、半戶外空間内部の気候が室内空間の気候を挟んで、屋外空間の気候とは反対の気候となっている場合である。例えば加熱緩和型半戶外空間では、暑い外部空間に対し、室内空間よりも涼しくなっている場合、冷却緩和型半戶外空間では、寒い外部空間に対し、室内空間よりも暖かくなっている場合である。このような状況が生じるのは、春季および秋季のように屋外空間の気候と室内空間の気候に大きな差がなく、比較的快適な場合や、機械的な環境調整手法を用いた場合である。春季および秋季の場合では、外界の気候を緩和しなければならぬ必要は夏季や冬季ほど大きくなく、また機械的な環境調整手法は半戶外空間では基本的には用いられないことから、ここでは、マイナスの値を示すような状況は扱わないこととする。

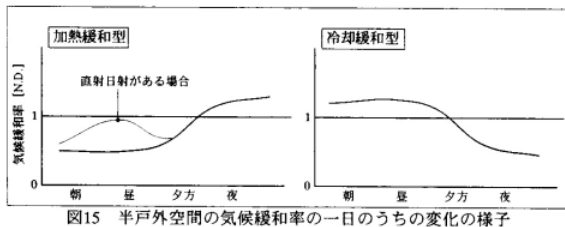


図15 半戶外空間の気候緩和率の一日のうちの变化の様子

4. 2 今治市と東南アジアでの測定概要

(1) 愛媛県今治市での測定の概要

詳細は文献2)で扱ったので、以下では概要のみを示す。

愛媛県今治市は、北緯34度、東経133度に位置し、瀬戸内海気候に属し、高温、小雨、多照、弱風の気候特性を持つ³⁴⁾。

測定対象とした全蓋型アーケードは1988年完成、延長約265m、高さ約12m、幅員約12m、道路の全面を覆う屋根面は厚さ3.0mmの乳白色ポリカーボネイト樹脂板である。断面図を図16に、写真を写真4に示す。

夏季の測定は、1995年8月10日(木)と8月11日(金)である。8月10日は曇天であり、10:00頃～11:00頃と13:00頃～14:00頃の2回、わずかな降雨が見られたが、8月11日は概ね晴天であった。冬季の測定は1996年1月11日(木)であり、晴天であった。

測定項目は、気温、湿度、風向・風速、水平面より上半球側と下半球側の日射量である。SET*の算出方法は3.3と同様であるが、クロ値は、現場の状況から判断して、夏季では0.5clo、冬季では1.3cloとした。

(2) 東南アジアでの測定の概要

詳細は文献3)で扱ったので、以下では概要のみを示す。

測定は、台北、シンガポールならびにジョージタウン(マレーシア・ペナン島)の覆付歩廊を対象として行った。

台北は、北緯約25度、東経約121度で北回歸線の北方にあって、温帯多雨気候に属しているが、夏季には強い日射が見られ、熱帯に近い気候である。測定日は1996年8月20日(火)・21日(水)であり、両日とも概ね晴天で、日没は18:30頃であった。内部測定地点の断面図を図17に、写真を写真5に示す。

シンガポールは、北緯約1度、東経約103度でほぼ赤道上に位

置し、熱帯雨林気候に属し、周囲を海に囲まれているため、年間でほとんど変化のない気温、高い湿度、多量の降雨などの特徴を持つ。測定日は1996年8月25日(日)・26日(月)である。25日は概ね晴天であり、26日は14:30頃までは概ね曇天であったが、その後断続的に降雨があった。日没は19:00頃であった。内部測定地点の断面図を図18に、写真を写真6に示す。

ジョージタウンは、北緯約5度、東経約100度に位置し、熱帯雨林気候に属し、高い湿度を特徴とする。中でも、9月～11月は特に降水量が多い。測定日は1996年8月29日(木)・30日(金)であり、両日とも朝方は曇天であったが、昼前には晴天となった。なお29日のみ、14:00頃より30分間前後、さらに16:00頃以降深夜まで降水があった。日没は19:00頃であった。1日目の内部測定地点の断面図を図19、写真を写真7に示す。

測定方法およびSET*の算出方法は3.2の(4)および3.3と同様であるが、クロ値は、現場の状況から判断して、0.5cloとした。

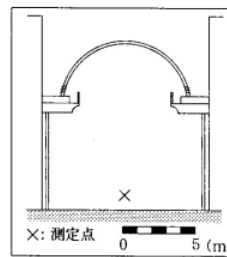


図16 今治の断面図

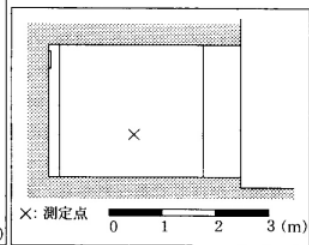


図17 台北の内部測定地点の断面図

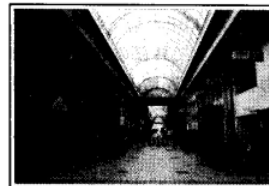


写真4 今治の内部測定地点の様子



写真5 台北の内部測定地点の様子

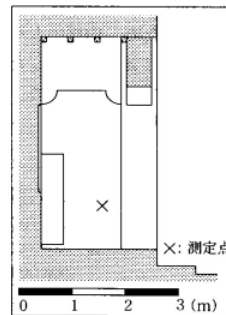


図18 シンガポールの内部測定地点の断面図

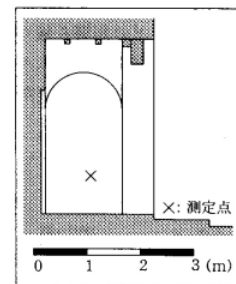


図19 ジョージタウンの内部測定地点の断面図



写真6 シンガポールの内部測定地点の様子



写真7 ジョージタウンの内部測定地点の様子

4. 3 気候緩和率を用いた各地の半戸外空間の特性の把握

4. 1で提案した気候緩和率を3. および4. 2で述べた測定の結果に適用して、各地の都市の半戸外空間の気候緩和特性について考察する。

(1) 加熱緩和型半戸外空間の気候緩和特性

図20に加熱緩和型半戸外空間（夏季）の気候緩和率の算出結果を示す。今治の夏季、台北、シンガポール、ジョージタウンの結果である。凡例の3文字のローマ字は「IMA」が今治を、「TPE」が台北を、「SIN」がシンガポールを、「PEN」がジョージタウンを表し、その後の数字は、例えば「0810」ならば「8月10日」の意味である。

昼間の気候緩和率は、どの測定場所でも、ほぼ1以下であり、屋外の日射を遮り、半戸外空間内部に屋外空間よりも室内空間に近い気候を創り出している。しかし昼間に、半戸外空間内部で直射日光が観測されたシンガポールとジョージタウンでは、この時、気候緩和率はほぼ1となり、半戸外空間内部の気候は屋外空間とほぼ同じ気候となっている。またシンガポールの8月26日17:00の気候緩和率が突然大きな値を示しているのは、スクールの影響で外部のSET*が急激に下がり、25℃に近くなったのに対し、半戸外空間内部のSET*がわずかに下がらなかつたためである。

一方、夜間の気候緩和率は、どの測定場所でも1を越えており、半戸外空間内部の気候は、屋外空間よりも不快な気候である。今治とジョージタウンに比べ、台北とシンガポールでは、気候緩和率の値が大きくなっている。特に台北では、昼間は気候緩和率の値が0.5に近く、気候緩和が進んでいたのに対し、夜間は気候緩和が進んでいない。

気候緩和率の一日のうちの变化から、半戸外空間内部の気候は屋外空間の気候よりも室内空間の気候に近いこともあれば、屋外空間の気候よりも不快な気候となることもあることがわかる。半戸外空間では、室内空間とは異なり空調設備など機械的な環境調節手法が用いられず、周囲を取り囲む屋外空間と室内空間の気候の影響を受けやすいためである。特に加熱緩和型半戸外空間の場合は、夜間の放射冷却の影響をできるだけ取り入れる方が望ましいこと、通風によって気候緩和が進められることなどから、冷却緩和型半戸外空間よりも開放性の高い空間となりがちと考えられ、気候緩和率の一日のうちの变化は大きくなる。しかし快適な空間の提供という観点からは、少なくとも人々が利用する時間帯（例えば、今回の測定を行った9:00～21:00）の間の日較差は小さいことが望ましい。

今治の一日のうちの気候緩和率の变化の様子は他の3地点に比べ小さく、気候緩和率の観点からみれば、半戸外空間としては優れた空間であると言える。一方、特に年間暑熱地域に位置するシンガポールとジョージタウンでは、一日のうちに大きな変化がみられる。これは、年間暑熱地域と季節暑熱地域で求められる半戸外空間に差があることによると考えられる。季節暑熱地域では、高い気温を示す期間は限られているが、その時の気温は年間暑熱地帯よりも高い。また年較差が大きいため、特に夏季には人々は暑く不快に感じると考えられ、年較差の小さい年間暑熱地域よりも、気候緩和が進んだ半戸外空間が求められると推測される。

(2) 冷却緩和型半戸外空間の気候緩和特性

図21に冷却緩和型半戸外空間（冬季）の気候緩和率の算出結果を示す。今治の冬季、ハンブルク、ミラノ、パリの結果である。

昼間の気候緩和率は、ハンブルクとパリでは、1以下であり、半戸外空間内部に屋外空間よりも室内空間に近い気候を創り出し

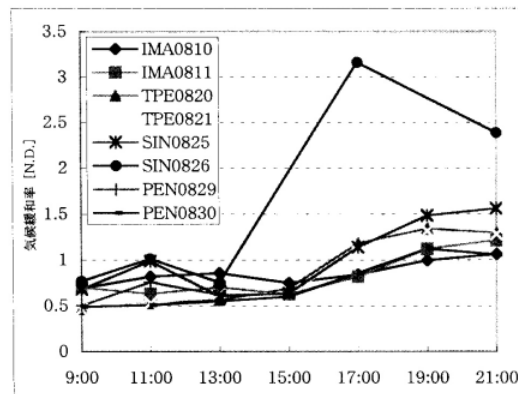


図20 各地の加熱緩和型半戸外空間（夏季）の気候緩和率

ている。しかしミラノと今治では、1を越えており、半戸外空間内部よりも屋外空間の方が快適な気候となっている。

一方、夜間の気候緩和率は、どの測定場所でも1以下であり、半戸外空間内部に屋外空間よりも室内空間に近い気候を創り出している。

図20の加熱緩和型半戸外空間の気候緩和率の一日の变化の大きさに比べ、冷却緩和型半戸外空間の变化は小さい。これは、冷却緩和型半戸外空間では、通風は気候緩和を妨げる要因であり、気密性が高く、したがって閉鎖性の高い空間が要求されるからであると考えられる。

ミラノと今治では、測定期間中日照があったため、気候緩和率の一日のうちの变化は大きい。ハンブルクとパリでは曇天であったため、変化はほとんどない。なおヨーロッパの高緯度地域では、冬には日照時間が少ないことを考えると、たとえ日照がある場合でも今治の場合ほど大きな一日のうちの变化がみられないと考えられる。

今治の一日のうちの気候緩和率の变化の様子は他の3地点に比べ大きく、気候緩和の観点からみれば、半戸外空間としては優れた空間であるとは言えない。これは季節暑熱地域の冬季と季節寒冷地域の冬季において半戸外空間内部の気候に差があることによると考えられる。すなわち、日本をはじめとする季節暑熱地域は、中緯度地域に位置し、冬季でも高緯度のヨーロッパなどの季節寒冷地域に比べ多くの日射が得られるからであると考えられる。また季節暑熱地域の冬季の昼間の気候緩和率の値が大きいことは、逆に夏季の気候緩和率が小さいことを示唆する。つまり、季節暑熱地域では、冬季よりも夏季において気候緩和を進める方が重要であると考えられていると推測される。

またハンブルクでの測定時は通常より寒冷な状態であったが、それを別としても、今回の測定場所のうちで最も高緯度に位置し、年間寒冷地域に近い。このような場所での半戸外空間は、室内空間に近い気候が求められていると推測される。

このように気候緩和率を用いれば、各地の都市の半戸外空間内部の気候を比較することができ、それぞれの特性を明らかにすることができると考えられる。さらに、室内空間でもなく屋外空間でもない半戸外空間の内部は、より室内空間に近い気候からより屋外空間に近い気候となるものまで様々であり、また同じ半戸外空間内部でも、一日のうちにその状況は変動する。したがって半戸外空間を設計する際には、どのような空間を目指すのかを明確

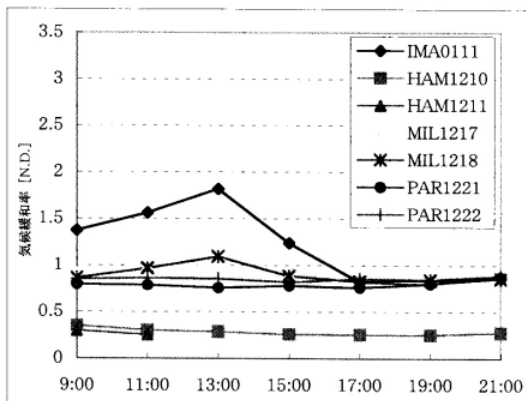


図21 各地の冷却緩和型半戶外空間(冬季)の気候緩和率

にし、その土地の気候・風土を考慮する必要がある。

5. まとめ

都市の半戶外空間の温熱環境設計に役立てることを目指して、まず日本より高緯度かつ寒冷な気候風土を持つ冬季の西ヨーロッパの覆付街路を対象に行った測定について述べ、さらに地理的に広く共通して表現できる半戶外空間内部の気候を評価するための指標を提案して、他地域の半戶外空間との比較、その有効性を確認した。

冬季の西ヨーロッパにおけるそれぞれ連続2日間の測定では、以下の結果が得られた。

- 1) ハンブルクでは、覆付街路内部の温熱環境は外部の温熱環境に比べて一日を通して中立・快適域に近づいているが、内部と外部の温熱環境には大きな差があった。
- 2) ミラノでは、覆付街路内部の温熱環境は外部の温熱環境に比べてほとんどの場合中立・快適域に近づいているが、日射が観測された時には外部の方が中立・快適域に近かった。
- 3) パリでは、覆付街路内部の温熱環境は外部の温熱環境に比べて中立・快適域に近づいているが、昼間はハンブルクほどではないものの内部と外部の差がみられた。

また、都市の半戶外空間内部の気候の評価指標に関する考察からは、以下の結果が得られた。

- 4) 半戶外空間内部の気候の評価指標として「気候緩和率」を提案した。値が1の時には半戶外空間内部と屋外空間の気候が同じであり、0に近くなれば半戶外空間内部の気候は室内空間の気候に近くなるものとするものである。
- 5) 半戶外空間を、気候緩和率の一日の変化に着目して「加熱緩和型」半戶外空間と「冷却緩和型」半戶外空間に分けた。測定を行ったかぎりでは、「加熱緩和型」半戶外空間よりも「冷却緩和型」半戶外空間の方が気候緩和率の一日の変化は小さかった。
- 6) 気候緩和率を用いれば、様々な都市の半戶外空間内部の気候を比較することができ、それぞれの特性を明らかにすることができると思われる。

謝辞：パリの内部測定地点のPassage Jouffroyの平面図の入手には、パリ在住の菊地広子氏にご協力いただいた。また本研究の一部は、平成10年度笹川科学研究助成による。記して謝意を表す。

<脚注>

- 1) 都市の半戶外空間に類似した空間と考えられるアトリウムに関しては、例えば文献35)など、すでに多くの調査や研究がなされている。またAHSAREでも、「SD-95-18 Atrium Design Tools」(1995年)、「NO-94-3 International Symposium on Atrium Performance, Part II」(1994年)や「CH-93-11 International Symposium on Atrium Performance」(1993年)のようにアトリウムに関するセッションが見られる。
- 2) 対象とする半戶外空間で、人通りが多すぎず少なすぎず、日当たりや風通しが強すぎず弱すぎず、室内外の開口部に近すぎず、平均的な建築環境工学的特性を示すと思われる場所を、現場を踏査して選定した。
- 3) 文献36)には、「パサージュ・ジョフロワ」は、現存するパリのパサージュの中でも一番活気がある、(後略)。とある。
- 4) 『NOAA NCEP CPC GLOBAL monthly STATION dataset』(http://ingrid.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.CPC/.GLOBAL/.monthly/.STATION.cuf/.DATA/.mean/.、1998.12現在。)より。
- 5) 社会・文化的環境については、例えば、パリのパサージュの流行には、人々が安全に歩くことのできる歩道への欲求が大きく影響した³⁷⁾。また、東南アジアを中心に分布する「連続覆付歩路」に対し、都市景観統一の意味合いがあったことも指摘されている³⁸⁾。
- 6) 木村は民家の形態と気候の関連させて、世界の気候を6つに分けている³⁹⁾が、本稿では温熱環境に着目しているため、降水量の多少については区別しなかった。

<参考文献>

- 1) 辻原万規彦, 中村泰人, 田中稔, 大塚順基: 温暖多照地域における全蓋型アーケード内部の気温分布性状, 日本建築学会計画系論文集, 第508号, pp.43~50, 1998.6.
- 2) 辻原万規彦, 中村泰人, 田中稔, 岡村圭子, 梅宮典子: 温暖多照地域における全蓋型アーケード内部の温熱環境の評価, 日本建築学会計画系論文集, 第514号, pp.43~50, 1998.12.
- 3) 辻原万規彦, 中村泰人, 田中稔: 東南アジアを中心に分布する連続覆付歩路内部の温熱環境に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第515号, pp.105~112, 1999.1.
- 4) 辻原万規彦, 中村泰人, 田中稔: 覆付街路内部の温熱環境に関する調査研究 - 冬季の西ヨーロッパを対象として - その1 計測概要, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第60号, pp.165~168, 1997.6.
- 5) 辻原万規彦, 中村泰人, 田中稔: 覆付街路内部の温熱環境に関する調査研究 - 冬季の西ヨーロッパを対象として - その2 計測結果と快適性の評価, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第60号, pp.169~172, 1997.6.
- 6) 建設省: アーケードの取扱について, 昭和30年2月1日付建設省発注第5号, 1955.2.
- 7) 氏家武: 雪国と雁木通り, 地理, 第27巻, 第2号, pp.100~108, 1982.1.
- 8) 茂木計一郎: 騎樓型民居の構成に関する研究(梗概), 住宅総合財団研究年報, No.18, p.309, 1992.3.
- 9) 泉田英雄, 黄俊銘: 屋根付テラスと連続歩路の街並み景観について - 東南アジアの植民地都市とその建築様式 その2 -, 日本建築学会計画系論文集, 第458号, pp.145~153, 1994.4.
- 10) Geist, J. F.: Arcade - The History of a Building Type -, p.3, The MIT Press, 1983.
- 11) H. ニーダーヴェールマイヤー, H. キーフ, ニーダーヴェールマイヤー(青木英明訳): 新しいガラスアーケード, 鹿島出版会, 1989.4.
- 12) ヴァルター・ベンヤミン(今村仁司, 大貫敦子, 高橋順一, 塚原史, 三島憲一, 村岡晋一, 山本元, 横濱誠, 奥野野文字訳): パサージュ論 I-V, 岩波書店, 1993.9~1995.8.
- 13) 前掲書11), pp.7~20, pp.41~55.
- 14) Rocznik, K.: Wetter und Klima in Deutschland - ein meteorologisches Jahreszeitenbuch mit aktuellen Wetterhemmen - 3. Auflage, pp.156 - 157, S. Hirzel Verlag, 1995.
- 15) 国立天文台編: 理科年表 平成10年 第71冊, pp.308~309, pp.352~353, 丸善, 1997.11.
- 16) Casati, P. e Pace, F. (a cura di): Scienze della Terra Volume 2 - L'Atmosfera, L'Acqua, I Climi, I Suoli -, p.167, p.173, CittàStudi, 1991.
- 17) 前掲書14), p.154.
- 18) 前掲書16), p.166.
- 19) 新倉俊一, 朝比奈道, 石井晴一, 福生水, 弥水康夫, 鈴木康司, 富永明夫編: 事典 現代のフランス(新版), p.112, 大修館書店, 1987.1.
- 20) 前掲書15), p.215.
- 21) 前掲書11), pp.50~55.
- 22) ハンブルク観光局日本代表部: 世界のGateway ハンブルク(観光パンフレット).
- 23) Baubelt, 72. Jg., Heft. 40/41, p.1834, 1981.10.
- 24) 前掲書10), pp.371~401.
- 25) Geist, J. F.: Passagen - ein Bautyp des 19. Jahrhunderts - Vierte Auflage, pp.224 - 225, Prestel, 1982.
- 26) 前掲書10), pp.529~534.
- 27) 日本建築学会編: 設計資料集成 9 地域, p.190, 丸善, 1983.1.
- 28) Gagge, A. P., Nishi, Y. and Nevins, R. G.: The Role of Clothing in Meeting FEA Energy Conservation Guidelines, ASHRAE Trans., Vol.82, Part 2, pp.234 - 247, 1976.
- 29) Gagge, A. P., Fobelets, A. P. and Berglund, L. G.: A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment, ASHRAE Trans., Vol.92, Part 2B, pp.709 - 731, 1986.
- 30) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.: 1993 ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS, p.37.8, 1993.
- 31) 中村泰人, 武田論: 人体形状に対応した微小立方体から見る等価形態係数 その1 等価形態係数の表現, 日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集, p.990, 1992.8.
- 32) 武田論, 中村泰人: 人体形状に対応した微小立方体から見る等価形態係数 その2 等価形態係数の算定, 日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集, pp.991~992, 1992.8.
- 33) 近藤純正編著: 水環境の気象学 - 地表面の水収支・熱収支 -, pp.74~76, pp.86~87, 朝倉書店, 1994.4.
- 34) 深石一夫: 愛媛の気候, p.162, 愛媛県文化振興財団, 1992.12.
- 35) 日本建築学会: アトリウムの環境設計, 彰国社, 1994.1.
- 36) 福業空爾: ガイドブックにないパリ案内, p.8, ティビーエス・ブリタニカ, 1997.10.
- 37) 前掲書10), pp.62~64.
- 38) 泉田英雄: シンガポール都市計画とショップハウス - 東南アジアの植民地都市とその建築様式 その1 -, 日本建築学会計画系論文集, 第413号, pp.161~172, 1990.7.
- 39) 木村建一: 民家の熱環境論, 建築環境学2(木村建一編著), pp.4~14, 丸善, 1993.2.

(1998年5月8日原稿受理, 1998年12月1日採用決定)