

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に有効

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（17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（進行中）

- 1) 戦前期南洋群島への建築技術の伝播 - 技術移転のあり方を念頭に -
- 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生活環境に関する研究（右近さん卒業研究）
- 5) 熊本市における茶室の室内照度変化に関する研究（牛島さん卒業研究）
- 6) 旧南洋群島における日本委任統治時代の建築物の基礎高さに関する研究（香山さん卒業研究）
- 7) 子どものための冷暖房機器についての意識に関する研究（中村さん卒業研究）
- 8) リニューアルされた環境共生型小規模オフィスビルにおける室内気候形成メカニズムに関する研究（増成さん卒業研究）

15. レポート課題

- 1) あなたのまわりの居住環境はどうですか？よいですか？悪いですか？改善したい点がありますか？
あなたのまわりの居住環境は上手に調節されていますか？上手に調節されていない点は、どのようなところですか？
- 2) 授業の感想，意見などを自由に書いてください。

A4判の試験用紙（罫線なし）に1枚以上（足りないときには，裏に）。

基本的には，時間中に提出すること。時間が足りないときには，後日の提出も認めるが，遅くなればなるだけ，評価は低くなるので注意。どんなに遅くとも年内に出さなければ，評点なし，とします。

講義を通しての質問・レポートの後日提出先

環境共生学部（生活科学部）旧棟4階南西の角の地域環境調整工学研究室（辻原研究室）まで

電話：096-383-2929（内線492）

E-mail：m-tsuji@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>

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急増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つために、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、温暖多照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^{1)・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・風土が異なっても、様々な都市の半戶外空間内部の温熱環境を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中間に位置する都市施設のことである。たとえ、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(株)

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「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、これが連続してできた空間」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。

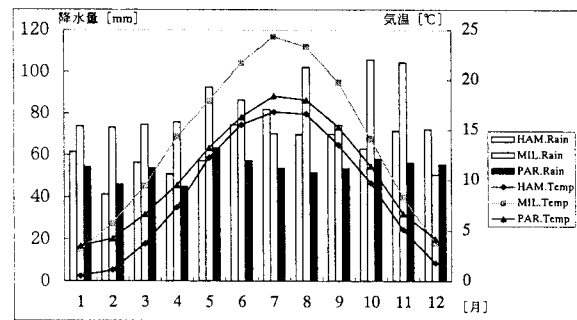


図1 各地の月別平均気温と降水量

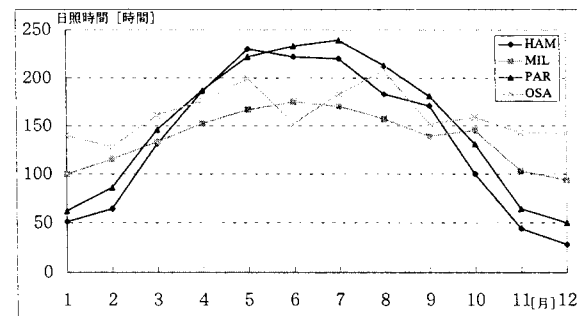


図2 各地の月間日照時間

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²⁹⁾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。

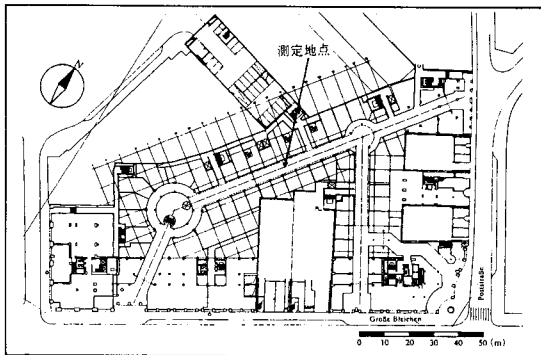


図3 ハンブルク内部測定地点平面図

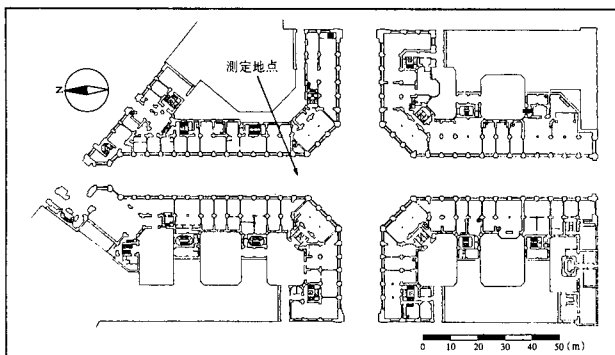


図5 ミラノ内部測定地点平面図

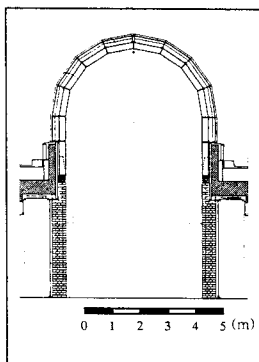


図4 ハンブルク内部測定地点断面図

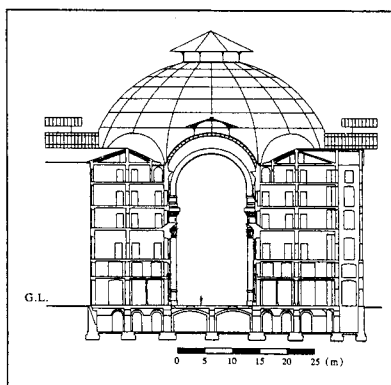


図6 ミラノ内部測定地点断面図



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

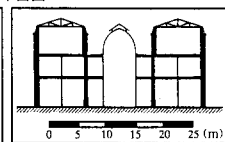


図8 パリ内部測定地点断面図



写真3 パリ内部測定地点

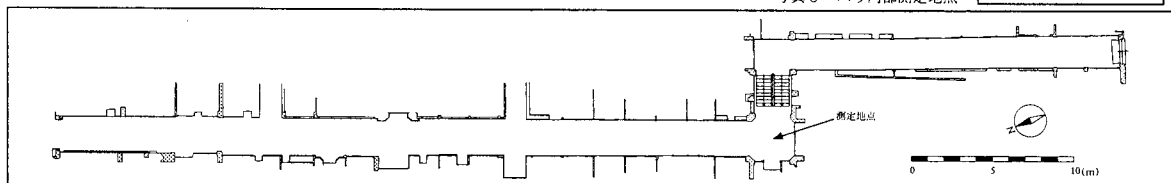


図7 パリ内部測定地点平面図

(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: PT100Ω 4線測定法
温度センサ: 静電容量型素子 (温度補償型, HY CAL ENGINEERING製)

注2) グローブ温度計
黒塗りペンタ玉 (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、比較的熱容量が大きく、特定数が多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・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。

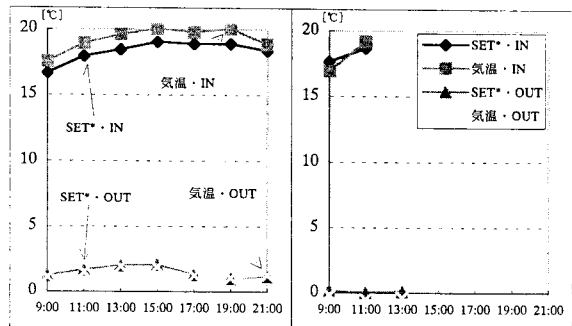


図9 ハンブルク1日目 (12月10日)の気温とSET* 図10 ハンブルク2日目 (12月11日)の気温とSET*

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