

1. はじめに

私たちは、九州各地はもちろん、日本各地の数多くの商店街で、アーケードを見ることができる。これらのアーケードは建物の前面に位置し、都市景観を形成する重要な役割を担う。しかし、これまで「如何に建設するか」に重点が置かれ、「どのようなアーケードを建設するか」という観点からの整備方針については、ほとんど注目されてこなかった。

ところで、このアーケードをはじめとする「都市の半戶外空間」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により形成される空間」と捉えられ、「環境への負荷が少なく、快適な都市空間を提供できる」可能性をもつと考えられる。都市の半戶外空間では、基本的に空調設備などの機械的な環境調節手法を用いずに、地域特有の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からである。このような都市の半戶外空間は日本のアーケードの他にも世界各地に存在し、雪よけを主な目的とした北日本の「雁木」や「こみせ」、中国大陸南部から東南アジアで見られる「連続覆付歩廊」、ヨーロッパや北米で見られる「覆付街路」などが挙げられる¹⁾。

筆者らはこのような背景から、都市の半戶外空間における温熱環境設計のための方針を示すことを目標として、これまで研究を進めてきた^{2), 3), 4), 5), 6)}。本稿では、これらの研究成果を基に、都市の半戶外空間のうち蒸暑地域で見られるもの、特に西日本におけるアーケード内の温熱性状の把握について述べる。

2. 都市の半戶外空間における温熱環境

アーケードをはじめとする都市の半戶外空間は、室内空間でもなく、屋外空間でもない、独自の位置づけが必要である(表1)。特に、機械的な環境調整手法を用いないため、外部空間の気候の影響や隣接した建物内部の室内空間からの暖冷房などの影響を大きく受けるので、環境をコントロールすることが難しく、慎重な取り扱いが必要となる。

一方、都市で生活している人々は、一日の間に様々な環境を行き来し、様々な温熱環境を体験する⁷⁾。人々が移動することを前提として温熱環境の設計を考える場合、都市の半戶外空間に、屋外空間と室内空間を行き来する際の急激な環境の変化を和らげる効果が期待できる。また、都市の半戶外空間はある程度の面的な広がりを持つため、室内空間よりも人々の移動に対応しやすいと考えられる。このような点に、建物内部の室内空間を対象として行われてきた空気調和・衛生工学に関連する研究や開発の対象範囲を、都市の半戶外空間へも広げる意味があると考えられる。

3. 蒸暑地域におけるアーケードの問題点

アーケードは、建設省通達によるアーケード設置基準⁸⁾で、「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

表1 都市の半戶外空間の位置づけ

		屋外空間	半戶外空間	半屋内空間	室内空間
例		建築外部空間	アーケード	アトリウム	建築内部空間
環境の変動幅		大きい	やや大きい	やや小さい	小さい
環境設計手法	空調設備	なし	なし	あり	あり
	その他の手法	土地被覆の 改変や植栽	未整備	自然エネルギー 利用技術	自然エネルギー 利用技術

Thermal environment inside arcades located in the area with soggy climate

に「道路の一侧又は両側に設けるアーケード」と「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。本稿では、前者を「片側式」アーケード、後者を「全蓋式」アーケードと称している。

このようなアーケードの主たる目的は、今日では「雨よけ」のためや商店街の雰囲気作りの手段と捉えられがちである。そのため、商店街を明るい雰囲気とするために屋根面を半透明もしくは透明の合成樹脂板で葺くことが多く、特に蒸暑地域では、アトリウムと同様に日射の影響を強く受けてしまう。しかし、戦前に西日本各地では「日覆い」と呼ばれる仮設性の高い施設が分布しており、西日本におけるアーケード設置の本来の目的は「日よけ」であった⁹⁾。このような矛盾が、蒸暑地域におけるアーケード内部の温熱環境における問題を引き起こしていると考えられる。

以下ではまず、蒸暑地域におけるアーケード内の温熱性状を把握するために、1) アーケード内部の垂直気温分布、2) 日射を主とした放射環境、3) 通行者に対する主観申告調査、の視点から、愛媛県今治市と長崎県長崎市で行った調査結果について述べる。次に、日射を制御する目的で用いた遮光網の効果に関する調査結果について述べる。最後に、東南アジアにおける連続覆付歩廊内部の温熱環境に関する調査結果を述べ、あわせて都市の半戶外空間の温熱環境を評価するために提案した「気候緩和率」についても触れる。

4. 愛媛県今治市の全蓋式アーケード^{2), 3)}

今治市に位置する総延長約 450m の直線状の商店街の全蓋式アーケードを対象として最初に取り組んだ調査であり、測定は 1995 年 8 月と 1996 年 1 月に行った。この調査では、これまでほとんど考慮されていなかったアーケード内部の温熱環境の実態を明らかにすることを第一の目的とした。

南西側のアーケードは 1988 年完成で、延

長約 265m、高さ約 12m、幅員約 12m、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。北東側のアーケードは 1980 年の完成で、延長約 185m、高さ約 10m、幅員約 12m、屋根面は厚さ 1.2mm の乳白色ガラス繊維強化ポリエステル小波板である。前者のアーケード内部で、アーケード入口、代表的な場所ならびに交差点付近の 3 点(地点 1 ~ 3)、後者のアーケード内部で 1 点(地点 4)の垂直気温分布を測定し、地点 2 では、図 1 のように集中的に様々な項目を測定した。

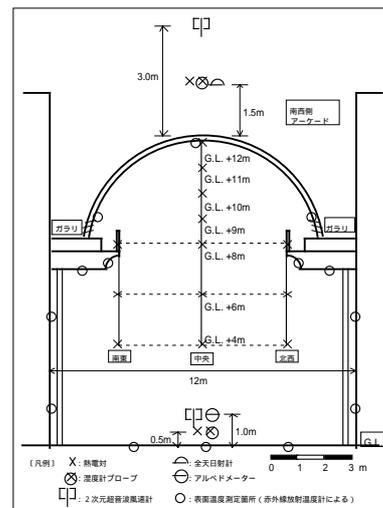


図 1 今治市の調査対象アーケードの断面図

調査期間中の 8 月 11 日と 1 月 11 日の 13:00 における垂直気温分布の結果を図 2 と図 3 に示す。垂直気温分布については、次のような結果が得られた。

- 1) アーケード内部の地上 0.5m の気温は、夏季の日中から夕刻にかけては外気温より低かったが、夏季の夜間と冬季の全日で、外気温より高かった。夏季の日中は、両側の商店における冷房による室内の冷気が漏出してきている可能性があった。
- 2) 日中から夕刻にかけて、気温は上高下低の垂直分布を示し、その勾配の大きさはアーケード内部の地上での日射量にほぼ比例していた。
- 3) アーケード内部の上層部には高温の空気溜まりができるが、その厚さは 1 m 程度

以下であった。

- 4) アーケードの延長方向で位置が変わっても、垂直方向への気温分布の形は変わらないが、気温の値は変わった。値が変わるのは、それぞれの位置での換気量の違いによると考えられた。

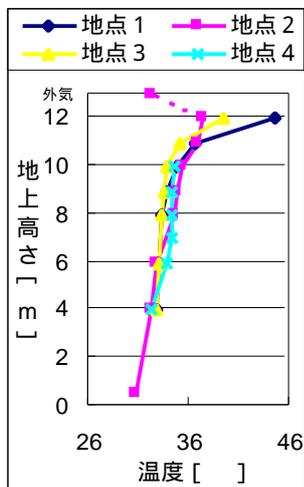


図2 夏季の垂直温度分布 (今治・全蓋式アーケード)

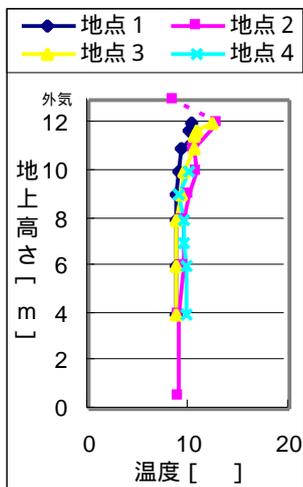


図3 冬季の垂直温度分布 (今治・全蓋式アーケード)

また、人体に影響を与える長波放射および日射の効果を把握するため、長波放射の等価気温と日射の等価気温を求めた。これらは人体に対する長波放射と日射の効果を温度換算したものに相当する。8月11日におけるそれらの結果を図4に示す。凡例中の、例えば「外部・日射」は、比較のために測定したアーケード「外部での日射の等価気温」の意味である。また図5に、アーケード外部における日射の等価気温に対する内部における日射の等価気温の割合(「日射の等価気温に基づく透過係数」)の結果を示す。

さらに、集中的な測定を行った地点2におけるSET* (標準新有効温度。代表的な温熱指標の一つ。)の算出結果や主観申告調査の結果から、温熱環境に関する快適性の評価については、以下のような結果が得られた。

- 1) アーケードの「日射の等価気温に基づく透過係数」は、夏季では15~20%程度、冬季では10~15%程度であった。
- 2) 夏季および冬季ともに、晴天時の昼間の

アーケード内部では、放射によって生じる等価気温のうち約3/4が日射による効果であると推測された。

- 3) 夏季の昼間のSET*は概ねアーケード内部の方が外部よりも低かったが、晴天時には33を越え、快適な環境とは言い難かった。
- 4) 冬季の晴天時の昼間のSET*はアーケード内部の方が外部よりも低く、最高でも12.9と、快適な環境とは言い難かった。
- 5) 主観申告による評価と物理的指標による評価が対応しない場合があった。夏季では、日射量が増加したと感じると、物理的指標の変化とは関係なく、より不快と評価すると推測された。冬季では、日射量が急激に減少すると、物理的指標の変化の度合い以上に、不快と感じる度合いが大きくなった。

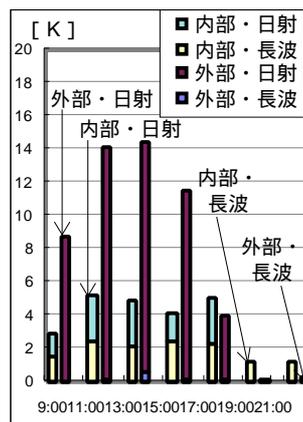


図4 夏季における等価気温 (今治・全蓋式アーケード)

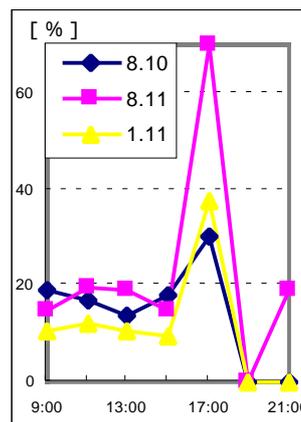


図5 日射の等価気温に基づく透過係数

5. 長崎県長崎市の片側式アーケード⁶⁾

全蓋式アーケードに引き続いて、長崎市に位置する総延長約360mの商店街に設置された片側式アーケード内部の温熱環境の実態を明らかにすることを考えて、2000年8月と2001年1月に測定を行った。

このアーケードは、2000年3月に新設され、幅員4m、天井高さ6.55m、屋根高さ7.85mである。また屋根は厚さ12mmの熱線吸収ガラスと厚さ8mmの透明板ガラスによる

複層ガラス，日除けは飛散防止フィルム張の厚さ 12 mmの熱線吸収ガラスである。代表的な 1 点についての垂直気温分布とその他の温熱環境に関する測定を行った（図 6）。

調査期間中の 8 月 23 日と 1 月 17 日の 13:00 における垂直気温分布の結果を図 7 と図 8 に示す。垂直気温分布については，次のような結果が得られた。

- 1) アーケード内部の地上 1 m の気温は，全蓋式アーケードの場合とは異なり，夏季と冬季ともに，1 日を通して外気温より高かった。
- 2) 夏季の日中の気温は，上高下低の垂直分布を示し，アーケード内部の上層部には暖かい空気が存在していたが，全蓋式アーケードの場合と同様，その厚さは約 1 m 程度以下であった。
- 3) 冬季の日中の気温は，上方から下方までほぼ同じ垂直分布を示したが，夏季に比べて日射量が少ないためと考えられた。
- 4) 夏季の日中のアーケード内部では，アーケード側方の開口部から空気が流入し，最上部のガラリから排出されるという温

度差換気による空気流動が見られたと推測された。

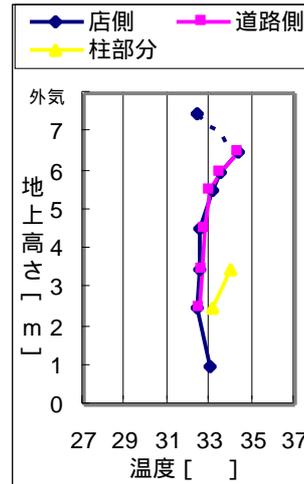


図 7 夏季の垂直気温分布 (長崎・片側式アーケード)

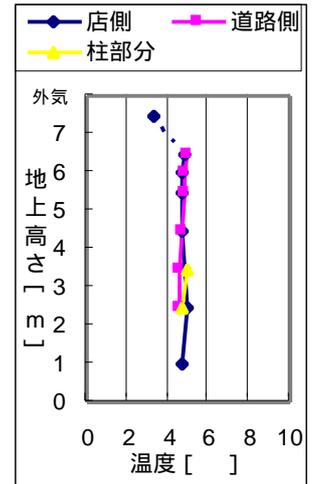


図 8 冬季の垂直気温分布 (長崎・片側式アーケード)

6. 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

これまでの 2 つの調査から，アーケード内部の温熱性状の概略を把握することができたと考えられたので，次に，如何にしてアーケード内部の温熱環境を改善すべきかを考えた。長崎市に位置する総延長約 276m の商店街に設置された全蓋式アーケードを対象として，2001 年 9 月にアーケードの屋根の上方の一部に遮光網を試行的に張り，その効果に関する調査を行った。

このアーケードは，1982 年完成で，幅員約 10m，高さ約 10.5m，屋根面は厚さ 3.0mm の乳白色のポリカーボネート樹脂板であるが，2002 年度に全面改修の予定である。遮光網には，建築養生用途目的の青色のメッシュシートを用い，遮光網を設置した部分と設置しない部分の 2 点で，垂直気温分布とその他の温熱環境に関する測定を行った。

調査期間中の 9 月 17 日の 12:00 における遮光網を設けた部分と 9 月 18 日の 12:00 における遮光網を設けない部分の垂直気温分布の結果を図 9 に，9 月 17 日と 18 日の日射量の変動を図 10 に示す。なお，測定機器の関係で，遮光網を設けた部分と設けない部分

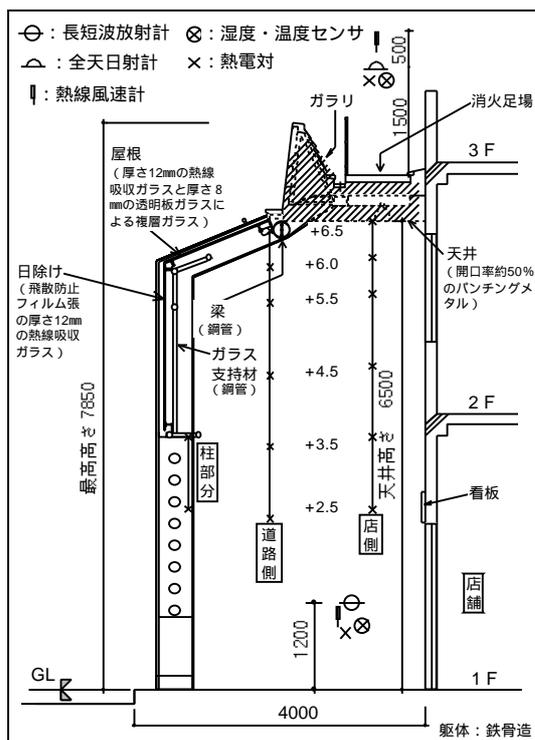


図 6 長崎市の調査対象アーケードの断面図

の垂直気温分布は、同時に測定できなかつたため、異なる測定日の結果をまとめて示した。

調査の結果、以下のような結果が得られた。

- 1) 遮光網を設けた区間では、設けない区間よりも温熱環境が改善されていた。これは、遮光網の設置によって、日射だけでなく、日射が当たったことによる長波放射を含めた周囲の壁面や屋根面などからの放射量が減少した影響と考えられた。
- 2) 主観申告調査でも、1)のことは確認されたが、完全に「快適な」温熱環境を形成できているとは言えなかつた。
- 3) 垂直気温分布については、これまでに行つた夏季の調査と同様の結果が得られた。しかし、遮光網を設けた区間では、昼間に直線上の分布を形成することがあった点が異なっていた。これは、遮光網の設置によって、より室内に近い大空間と同じような垂直気温分布を形成していたことによると考えられた。

アーケードの上方に遮光網を設けることは、よりよい温熱環境の創造のために一定の効果を出しているが、真に快適な環境を提供するには至っていない。遮光網の素材や耐候性の検討をはじめ、より室内に近い他の大空間を対象とした良好な温熱環境形成のための研究などを参考に、さらに研究が必要であると考えられる。

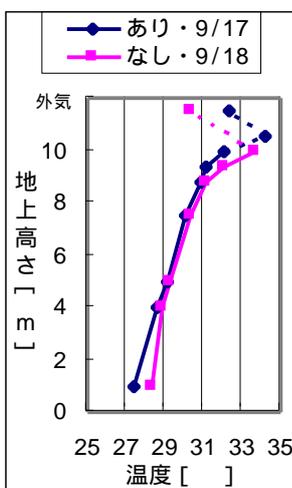


図9 遮光網の有無による垂直気温分布の差異

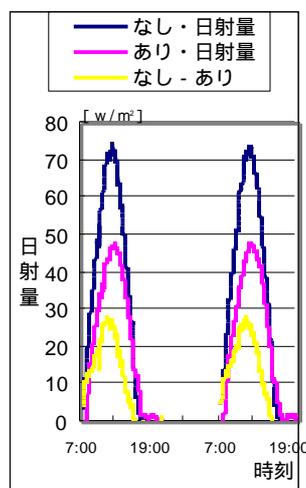


図10 遮光網の有無による日射量の差異

7 東南アジアで見られる連続覆付歩廊と「気候緩和率」の提案^{4), 5)}

日本より厳しい気候のもとでは、どのような都市の半戶外空間がみられるのかについて明らかにし、日本で行ったアーケードに関する調査結果と比較して、都市の半戶外空間の温熱環境を統一的に評価できる指標を提案できないか、と考えて行った調査である。

台北、シンガポールならびにジョージタウンの連続覆付歩廊(図11~図13)を調査対象として、1996年8月に各地点2日間づつの測定を行った。測定項目は、気温、湿度、日射量、風速、周囲の壁面などの表面温度などであり、SET*と前述の等価気温を算出して評価を行い、以下のような結果が得られた。

- 1) 3地点とも昼間のSET*は外部よりも覆付歩廊内部の方が低く、覆付歩廊により内部の温熱環境は改善されているが、それでも不快な環境であった。夜間のSET*は逆に外部よりも内部の方が高かった。
- 2) 台北の覆付歩廊内部では、晴天にもかかわらず日射と長波放射の等価気温は一日を通じて、ほぼ0であった。ただし長波放射の等価気温は、午前中はマイナスであり、午後から夜間にかけて増加したが、これは日中の気温上昇により建物の躯体に蓄熱されたことによると推測された。
- 3) シンガポールとジョージタウンの覆付歩廊内部では、直射日光が観測されることがあり、その際には長波放射の等価気温も増加しており、長波放射も人体に対して大きな影響を与えていると推測された。
- 4) 測定結果や、覆付歩廊の形状と主要な街路の向きから判断した直射日光の入射の可能性から、覆付歩廊が日射を遮る主な対象は、台北では覆付歩廊内部の通行人、シンガポールでは通行人よりも背後の住居の居住者であると推測された。

さらに西欧での調査結果も考慮し、都市の半戶外空間の温熱環境を評価するための指標

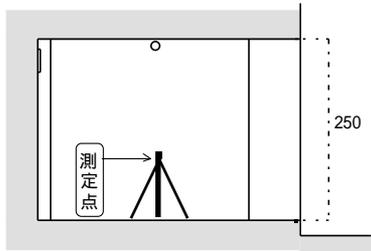


図 11 台北の測定地点

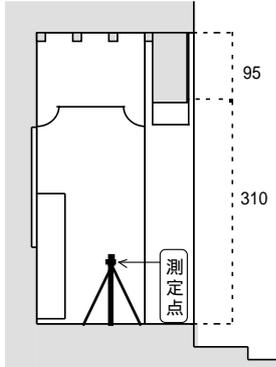


図 12 シンガポールの測定地点

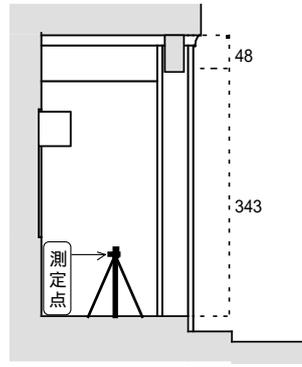


図 13 ジョージタウンの測定地点

として次のような「気候緩和率」を提案した。

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

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。値が 1 よりも小さくなればなるほど、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ていることを示す。さらに、半戶外空間内部の気候の一日のうちの变化の様子の違いによって、図 14 のように「加熱緩和型」と「冷却緩和型」の半戶外空間に分けることができる。

8. さいごに

本稿では、筆者らがこれまでに行ってきた、アーケードをはじめとする「都市の半戶外空間」に関する研究のうち、特に蒸暑地域に関連の深いものについて、述べた。

アーケードのような空間における温熱環境に関する基礎資料の蓄積を進める一方で、改善策をはじめとした整備指針の提案も重要な課題であると考えており、筆者の所属する研

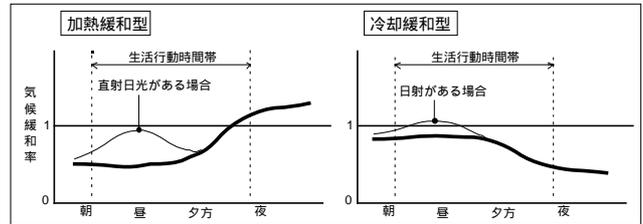


図 14 気候緩和率の一日の内の变化

究室を中心に、研究成果をもとにデザインコンペに応募する¹⁰⁾などの努力を続けている。

< 脚注、参考・引用文献 >

- 1) 「連続覆付歩廊」は、「街路沿いの家の、道路に面した一階部分を柱楼として幅 3 ~ 4 m ほど開放し、これが連続してできた空間」である。その呼称は、「亭仔脚」(台湾)、「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り、遮陽避雨の役割を果たすだけでなく日常の生活の場としても機能している。また、「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」と定義したものとその系譜をひくものである。18 世紀末のパリで生まれ、19 世紀に欧州各地や北米などに広まった。パサージュ、ガレリア、アーケードなどと呼ばれている。
- 2) 辻原・中村・田中・大塚：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，508 号（1998-6），pp.43~50
- 3) 辻原・中村・田中・岡村・梅宮：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，514 号（1998-12），pp.43~50
- 4) 辻原・中村・田中：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，日本建築学会計画系論文集，515 号（1999-1），pp.105~112
- 5) 辻原・中村・田中：都市の半戶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，日本建築学会計画系論文集，519 号（1999-5），pp.101~108
- 6) 辻原・平川・田中：新設された片側式アーケード内部の気温分布性状，日本建築学会技術報告集，14 号（2001-12），pp.193~198
- 7) 中村・辻原：居住環境温度の測定方法 その 1~2，日本建築学会大会（関東）学術講演梗概集，D-1（1997-9），pp.935~938
- 8) 建設省：アーケードの取扱いについて，昭和 30 年 2 月 1 日付建設省発第 5 号（1955-2）
- 9) 辻原・小林・中村・外山：西日本における都市のアーケードの成立および発展過程，日本建築学会計画系論文集，524 号（1999-10），pp.215~222
- 10) 筆者の所属する地域環境調整工学研究室のホームページを参照（<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/works.html>）。