

建築室内の光環境と熱環境を構成するための標準設計資料の開発に関する研究

Study of standard data of solar radiation connected with luminous and heat interior environment

代表研究者 九州大学工学部建築学科教授 中村 洋
Prof., Dept. of Architecture, Fac. of Eng., Kyushu Univ.
Hiroshi NAKAMURA

協同研究者 九州大学総合理工学研究科教授 片山 忠久
Prof., Interdisciplinary Graduate School of Eng. Sci., Kyushu Univ.
Tadahisa KATAYAMA

九州大学工学部建築学科教授 渡辺 俊行
Prof., Dept. of Architecture, Fac. of Eng., Kyushu Univ.
Toshiyuki WATANABE

九州大学総合理工学研究科助教授 林 徹夫
Assoc. Prof., Interdisciplinary Graduate School of Eng. Sci.,
Kyushu Univ.
Tetsuo HAYASHI

大分大学工学部建設工学科助教授 大鶴 徹
Assoc. Prof., Dept. of Architectural Eng., Fac. of Eng., Oita Univ.
Toru OTSURU

九州大学総合理工学研究科助手 塩月 義隆
Assist. Prof., Interdisciplinary Graduate School of Eng. Sci.,
Kyushu Univ.
Yoshitaka SHIOTSUKI

It is absolutely essential to hold an applicable standard data on the dynamics of daylight and solar radiation in order to plan, design and construct a comfortable interior environment, especially light and heat environment. But no useful materials and no practical method for them can be found today. The final goal of this research work is to establish a useful and applicable standard data on daylight and solar radiation to research works and practical composition of architectural interiors.

A set of measurement instruments have been arranged and a measurement system has been developed as the first step of this research work for the collection of the enormous amount of real data on various aspects of daylight and solar radiation depending on long term continuous measurement, as those data were considered to be basically needed for the composition of standard data. A measurement station has been built in Kyushu University, following which measurements stations of the same instruments and system have been constructed in Japan by encouraged research workers by the authors. 13 stations are working now all over Japan and gaining useful real data every minute and day. The data gathered till now are being analysed in order to compose a standard data base, and tentative standard data have been proposed and their formats have been decided, as well as they are being applied independently to analyses and research works of daylight and solar radiation by individual research workers in Japan.

CIE (Commission Internationale d'Éclairage) also intended to gather the data of daylight and solar radiation worldwide. This programme is called IDMP (International Daylight Measurement Programme). 48 IDMP stations have been listed up in the world including 13 active ones in Japan established as a result of this research work.

The measurement instruments and system newly developed by this research work are also highly evaluated in the world, and the sky scanners for sky luminance and sky radiance distribution have been set up at the IDMP measurement stations in the U.S.A. and Europe.

The research work will be continued for continuous several years as long-term real measurement data should be necessary to compose a truly practical and useful data.

研究目的

建築内部空間の環境構成、特に光環境と温熱環境の計画や設計、構築には、昼光や日射に関する実際的で有用な標準資料が必要である。しかし、このような資料は皆無と言っても過言でないのが現状である。また、これらを応用する実用的な室内環境構成方法も確立されていない。

本研究は、このような現状に鑑み、昼光と日射に関する研究と実際の計画、設計、構築に有用な標準的な資料を作成することを最終的な目的とする。また、これらはいずれも太陽の放射に起因するので、これらの同一水準での個々の特性と相互関係の解明も目標とする。

標準的な資料の作成には、まず、昼光と日射の実態を示す諸要素について、長期間にわたり各地で綿密に試みる連続測定による実測データを収集することが必要である。本研究は、最初に昼光や日射の諸要素の測定方法の検討、測定機器とそれを統合する総合測定システム、データの収録システムの開発を行う。続いて、連続測定の開始、建築の内部空間の光環境と熱環境の構成法の検討に併せて、これに有用な標準資料のフォーマットの検討、ついで、その作成を志す。なお、この作成には、かなり長期間にわたり各地の実測データを必要とすると考えるので、本申請の研究期間終了後も、本研究で構成した測定システムを活用し、最終的に有用な昼光と日射の資料を完成する予定である。

照明に関する研究方向の調整、規準や規格、リコメンデーションの作成を行う唯一の国際機関として、ISO (国際標準化機構) とリエゾンする CIE

(国際照明委員会) がある。CIE は、前述のような資料の欠落、短期の実測すら満足に行われていない現状を憂慮し、世界的な規模で、昼光と日射の長期間の連続測定を企画し、その準備のために、1983年に技術委員会 TC307 を設置した。さらに、1991年を「国際昼光測定年」と称し、世界各地での昼光と日射の測定の開始を宣言した。また、その測定の遂行とデータの整理、交換のために、同年、技術委員会 TC325 を設置した。これを「国際昼光測定プログラム」と呼ぶ。研究代表者は、これらの技術委員会の発足当初より、積極的に活動している中心的委員である。

本研究は、また、この国際昼光測定プログラムに呼応することをも目的の一つとしている。

研究経過

本研究の進捗は、およそ、下記のように大別できる。なお、これらは段階的に一つずつ進めたのではなく、同時に重複して行うのが一般的であり、また、前後して実施したのも多い。

1. 具体的な研究の実実施計画の立案と測定方法、測定項目などの決定
2. 測定機器の調達、開発、改造など
3. 測定システムの構築
4. 測定機器の設置と調整、試験測定
5. 測定の開始とデータの収集
6. 全国各地の測定所の建設
7. データの整理と標準化
8. 国際昼光測定プログラムの現況
9. 収集データの応用研究

上述の CIE TC307 は、国際昼光測定年の実施のためのガイド「昼光の測定方法のガイド、パー

ト A, B, C) (以下, 単にガイドと称する) を準備している。研究代表者もこれに積極的に参画している。このガイドの大部分は未だドラフトの段階にあり, 同委員会で討議中である。なお, TC307 は, 測定項目の多寡により, 測定を「一般クラス」と「研究クラス」に分けている。パート A は, 前者に, パート B は, 後者に対する推奨である。パート C は, データに関し, その取得, 品質管理, フォーマット, 保管と配布に関する推奨である。

本研究では, このガイドを可能な限り参考とした。また, 本研究の諸段階における成果を, 常時, ガイドの中に活用した。

1. 具体的な研究の実施計画の立案と測定方法, 測定項目などの決定

本研究の着手に当たり, すでに立案していた研究計画を再検討し, 具体的に実施すべき事項を列挙した。それを整理し, 研究の実施計画を作成した。

なかでも, 最も重要な測定方法の詳細や測定項目の決定には討論を重ね, 多大の時間と労を費やした。

ガイドでは, 国際昼光測定プログラムの測定所の測定項目を, 測定を必須とする「基本セット」と, 測定をすることが望ましいとする「付加セット」に分けている。そして, 研究クラスの測定項目として下記を挙げている。

A. 基本セット

01. グローバル照度 (Evg: 略号, 以下同じ)
02. 全天空照度 (Evd)
03. 直射照度 (Evs)
- 04.-07. 鉛直面グローバル照度 (Evgn, Evge, Evgs, Evgw)
08. グローバル放射照度 (Eeg)
09. 天空放射照度 (Eed)
10. 直達放射照度 (Ees)
- 11.-14. 鉛直面グローバル放射照度 (Eegn, Eege, Eegs, Eegw)
15. 気温 (at)
16. 露点温度 (dp)
17. 日照時間 (s)

18. 天頂輝度 (Lvz)

19. 天空輝度分布 (Lv)

B. 付加セット

- 雲量
- 風速 (ws)
- 風向 (wd)
- 紫外放射 A (UVA)
- 紫外放射 B (UVB)
- 光合成有効放射量 (PAR: Photosynthetically Active Radiation)

本研究では, 基本セットの総ての項目と付加セットの風速 (ws) と風向 (wd), さらに加えて, 気圧 (bp), 雨量 (ar), 降雨の有無 (pr), 有効大気放射量 (ai) を測定することとした。雲量は昼光と日射に与える影響が極めて大きい。したがって, 雲量の測定は必要である。しかし, 現在, この測定は目視によっている。自動連続測定をする機器は見当たらない。開発する目途も立たないので, 現時点では, 測定は不可能と判断した。しかし, 雲量の自動測定機器の開発のための研究を開始することとした。紫外放射 A と紫外放射 B は, 現在生産されている測定機器の信頼性に問題があり, 後日, 予算的にも可能なとき考慮することとした。光合成有効放射量は, 当面, 測定をしないこととした。

測定の時間間隔は, 天空輝度分布を除き, 1 分ごととした。測定は 24 時間連続する。ただし, 天空輝度分布の測定は 30 分ごととした。

2. 測定機器の調達, 開発, 改造など

上記の測定を行うための測定機器は, 新たに開発して, 既製の市販品を改造して, 既製の市販品をそのまま使用して, 既製の既存の機器を転用して調達した。個々の測定機器については以下のようである。

A. 新たに開発した機器:

鉛直面グローバル照度計, 鉛直面グローバル放射照度計, 天頂輝度計, 天空輝度分布 (および, 天空放射輝度分布) 計, 直射照度および直達放射照度計

B. 既製品を改造した機器:

全天空照度計, 天空放射照度計,

表 1. 測定機器と測定項目

測定項目・機器	測定範囲	仕	様
1) グローバル照度 (照度計)	0~200 klx	センサーの直径 (ds): 12.4 mm, 精度: ±5%	—
2) 全天空照度 (照度計+遮蔽バンド)	0~200 klx	センサーの直径 (ds): 12.4 mm, 精度: ±5%	改造
3) 直射照度 (照度計)	0~200 klx	バンド幅 (wb): 50 mm バンド半径 (rb): 250 mm, wb/rb: 0.2 センサーの直径 (ds): 12.4 mm, 精度: ±5%	開発
4), 5), 6), 7) 鉛直面グローバル照度 (北, 東, 南, 西) (照度計+遮蔽板)	0~200 klx	センサーの直径 (ds): 12.4 mm, 精度: ±5%	開発
8) グローバル放射照度 (放射照度計)	0~1.4 kW/m ²	遮蔽板との垂直距離 (pd): 200 mm ds/pd: 0.062	—
9) 天空放射照度 (放射照度計+遮蔽バンド)	0~1.4 kW/m ²	センサーの直径 (ds): 11 mm, 精度: ±1.5%	—
10) 直達放射照度 (放射照度計)	0~1.4 kW/m ²	バンド幅 (wd): 50 mm バンド半径 (rb): 250 mm, wb/rb: 0.2	改造
11), 12), 13), 14) 鉛直面グローバル放射照度 (北, 東, 南, 西) (放射照度計+遮蔽板)	0~1.4 kW/m ²	センサーの直径 (ds): 12 mm, 精度: ±1.5%	開発
15) 気温 (通風筒付温度計)	-10°C~40°C	精度: ±0.5%	—
16) 露点温度 (通風式露点温度計)	-40°C~60°C	精度: ±0.5%	—
17) 日照時間 (回転式日射計)		精度: ±3.4%, しきい値: 120 W/m ²	—
18) 天頂輝度 (天頂輝度計)	0~55 kcd/m ²	センサーの直径 (ds): 11 mm, 精度: ±5%	開発
19) 天空輝度分布 (天空輝度分布計)	0~55 kcd/m ²	半開口角 (ha): 5.5°, 傾斜角 (sa): 1°	開発
20) 天空放射輝度分布 (天空放射輝度分布計)	0~300 W/m ² sr	半開口角 (ha): 5.5°, 傾斜角 (sa): 1°	開発
21) 風速 (風向風速計)	0.4~20 m/s		転用
22) 風向 (風向風速計)	0~540°		転用
23) 大気放射量 (有効放射計)		精度: ±5%	—
24) 気圧 (気圧計)	980~1040 HPa	精度: ±1.5%	—
25) 雨量 (雨量計)	0.5 mm/pulse	精度: ±0.5%, 感度: 0.5 mm	—
26) 降雨 (降水検知器)		感度: 0.5 mm	—

C. 既製品をそのまま使用した機器:

グローバル照度計, グローバル放射照度計, 気温計, 露点温度計, 日照時間計, 気圧計, 雨量計, 降雨計, 有効大気放射量計

D. 既製の既有品を転用した機器:

風向風速計

新たに開発した機器のうち, 鉛直面グローバル照度計と放射照度計は, 既製の照度計と放射照度計のセンサー部を組み合わせ一体化して鉛直面に取り付け, 地平からの反射を防ぐ反射スクリーン

を付加した。天頂輝度計は, 新たに開口角 11°の天空遮蔽筒を作成し, それに既製の小型照度センサーを取り付けた。天空輝度分布の自動連続測定機器は, 現在までに開発されていない。別途研究資金を充当して, 世界で始めて試作し, 製作した。この機器は天空の 145 点をスキャンし, その輝度を測定する。試作を繰り返したが, そのたびごとに, センサー, 回転部の摩耗, 防水等の種々の問題を生じ, これらの改良や部品の交換に苦勞を重ねた。最終的に完成した駆動部は極めて有能で

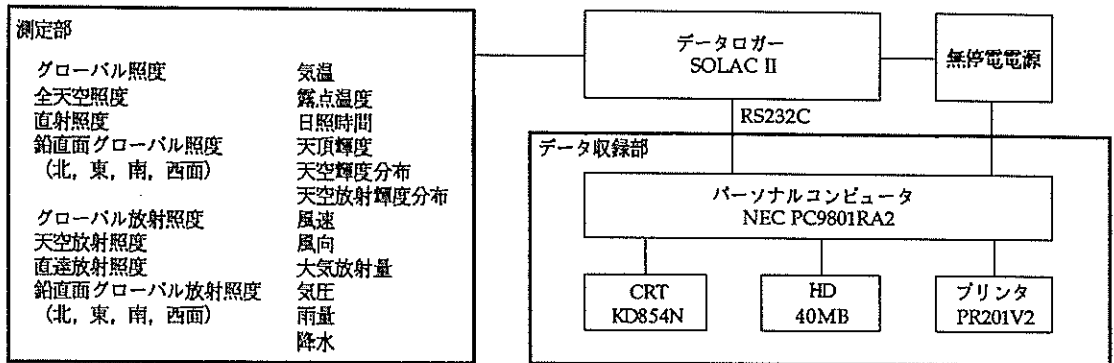


図1. 測定システム

あったので、さらに放射輝度分布のセンサーを付加した。これにより、天空の放射輝度分布も同時に測定が可能となった。このセンサーの選定と交換もトライアンドエラーで試みた。すでに、この天空輝度分布計、あるいは、天空輝度分布および放射輝度分布計は10台製作され、後述する本邦の測定所ばかりでなく、欧米の国際昼光測定プログラムの測定所で使用されている。なお、国際昼光測定プログラムに関連して、ドイツでも同様な天空輝度分布計を開発し、4台製作している。しかし、この機器は駆動が不調で評判が良くない。直射照度および直達放射照度計は、既製の太陽追尾装置にそれぞれのセンサーを付した開口角 5° の天空遮蔽筒2本を取り付けた機器を開発した。

既製品を改造した機器のうち、全天空照度計は既製の天空放射度計のセンサーを照度計に取り替え、遮蔽バンドをガイドの規格に合致するものに取り替えた。天空放射照度計も、同様に遮蔽バンドをガイドの規格に合致するように改造した。この遮蔽バンドは太陽の赤緯に合わせて、1日から3日くらいの間隔で調整しなければならない。本研究の助成期間の終了後であるが、遮蔽バンドが自動的に稼動する装置も開発した。目下のところ好調に動いている。

以上の機器の詳細を表1に示す。

3. 測定システムの構築

測定とデータ収録システムは、以下のように構築した。すなわち、測定部のそれぞれの機器で測定、取得したデータを、データロガーを経て、2

フロッピーディスクドライバを備えたデータ収録部の32ビットのパーソナルコンピュータに送り込む。そこで測定日、測定時刻とともに瞬時にCRT上にデータを表示する。同時に、パーソナルコンピュータに組み込んだプログラムが計算で求める、その時の太陽高度と太陽方位も示す。これらを一語に40MBのハードディスクに収納する。さらに、測定のモニタリングのために、10分間隔で測定データを抽出し、プリントアウトする。また、随時、データをチェック、あるいは、利用するために、夜中0時の測定後に、1日分の全測定データをハードディスクから1MBのフロッピーディスクにコピーする。ハードディスクには半年以上のデータの収納が可能であり、また、フロッピーディスクには1週間単位の実測データを収納することとした。

なお、不時の停電に備え、バックアップ電源を備えた。

以上のシステムを図1に簡単に示す。

それぞれの測定機器を統合の上、連続的にデータを取得し、さらに、上記のシステムを制御するマイクロコンピュータ用のプログラムを新たに作成した。

4. 測定機器の設置と調整、試験測定

測定機器は、九州大学総合理工学研究科熱エネルギーシステム工学専攻棟のペントハウスの屋上、および、観測塔に設置した(福岡県春日市春日公園6の1、緯度と経度: $33^\circ 31' 10'' \text{N}$, $130^\circ 28' 45'' \text{E}$ 、ペントハウスの屋上の高さ: 海拔

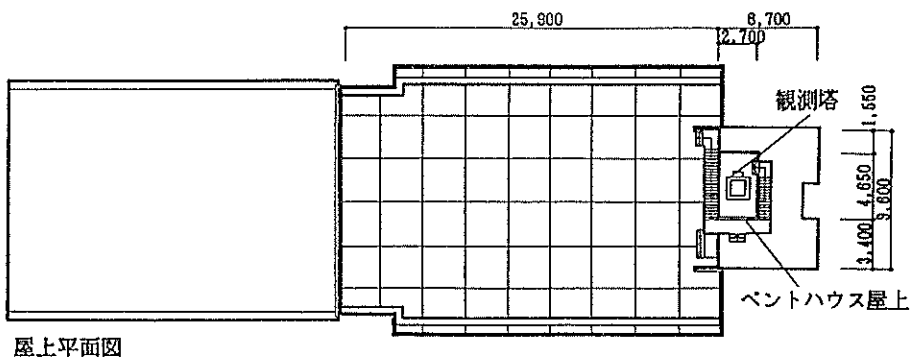
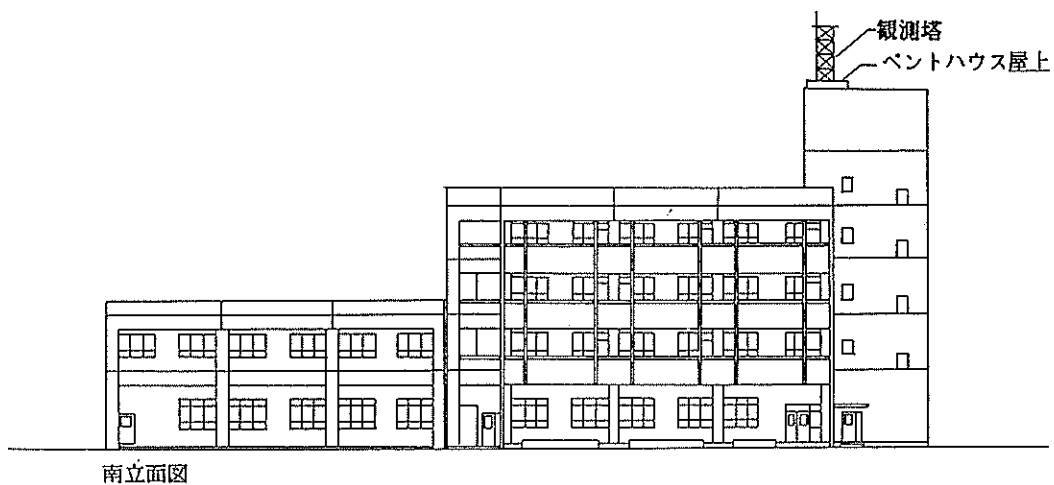
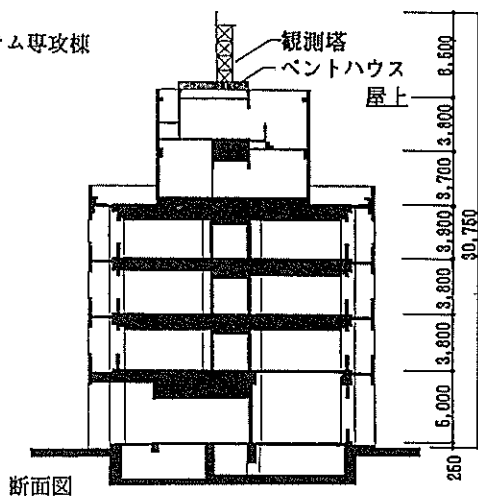


図2. 測定システム設置建物

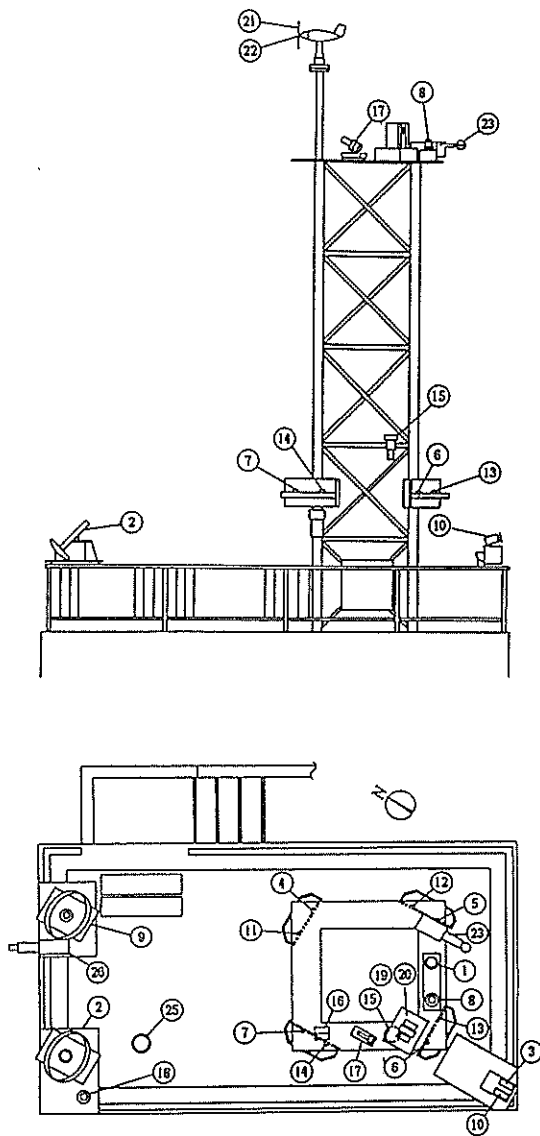


図3. 測定機器の配置

69.250 m)。なお、気圧計と測定機器の制御装置、データロガー、データ収録装置などは、ペントハウス内のデータ収録室内に設置した。熱エネルギーシステム工学専攻棟の建物概要を図2と写真1に、そのペントハウス屋上で観測塔での測定機器の配置を図3に、その様相を写真2に示す。また、写真3はデータ収録室内の取得データなどを表示するCRT画面である。

測定機器の大部分は、設置のとき、水平や方位に最大の注意を払わなければならない。この作業はかなり困難で、設置後、かなり長期間にわたり試験測定を試み、太陽の照射状態や取得データを観察して、調整や修正を繰り返し試みた。また、この間に、試験測定で見いだした機器の欠陥の改良も行った。

5. 測定の開始とデータ収集

前記の調整や修正にかなり時間を要したので、恒常的なデータの取得は、測定機器の完成より若干遅れた。現在、蓄積しているデータは、1990年11月からの分である。したがって、国際昼光測定プログラムでは、九州大学の測定は、この時点でデータの収集を開始したとしている。

6. 全国各地の測定所の建設

本邦で普遍的に活用できる昼光と日射の標準資料の作成には、九州大学の実測資料だけでは十分でない。国際昼光測定プログラムが世界各国で測定を企画しているように、本邦の標準資料をより完全にするには、全国各地でできるだけ多くの資料を収集することが望ましい。すなわち、全国各地に測定所を建設し、連続測定を開始することが当面の必要課題である。

したがって、研究代表者が中心となり、全国の同様の研究者に、国際昼光測定プログラムへの参加を勧誘した。同時に、京都大学と北海道大学での測定と資料作成のための科学研究費を申請した。幸いこの申請は受理され、両大学には研究クラスの測定所が完成し、測定を開始している。また、賛同する研究者も、それぞれ資金を調達し、測定所を建設した。現在、全国13ヶ所の地点でデータの収集を開始している。これらの内訳は、研究クラスの測定所が6ヶ所、研究クラスに準じるのが1ヶ所、一般クラスが、4ヶ所、一般クラスの測定項目のうちの一部を測定する簡易クラスが2ヶ所である。これらを世界の現況と併せて、表2と図4に示す。

7. データの整理と標準化

昼光や日射の実測データには、測定が正しく行われていても、往々にして不可避で突発的なエラーが生じる。例えば、上空を飛行機が銀翼を輝



写真1. 測定システム設置建物

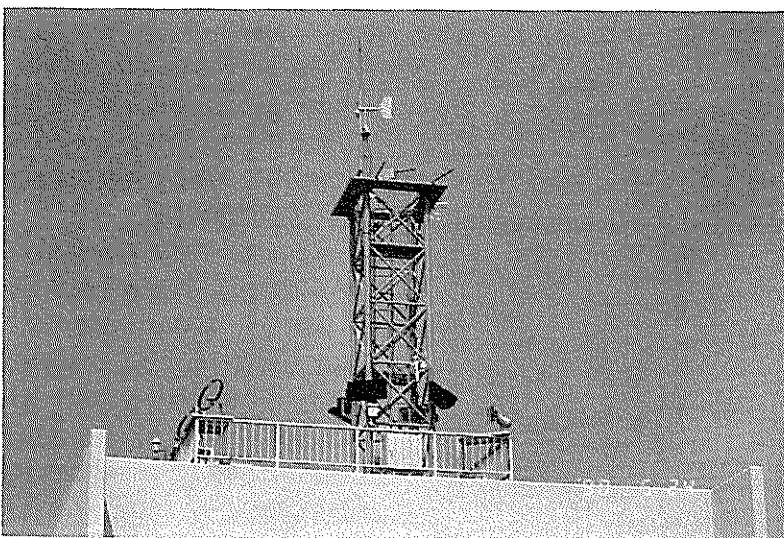


写真2. 測定機器を設置した観測塔

かせ飛来しても測定値に影響を与えることがある。取得データを整理するときはこのようなものを除外しなければならない。ガイドでは、このようなデータの摘出と除外を品質管理と言い、その方法が提案されている。

ガイドのパートCに記載されている品質管理の案は、データ収納以前のデータ取得時に、コンピュータが行う自動品質管理と、収納データを

チェックする手動品質管理に分かれている。しかし、パートCは、まだ、CIEのTC307の討議を経ていない。大きく変更される可能性もある。また、若干の誤りもあるようである。

したがって、現段階では、利用者が利用時に、それに応じた品質管理を行うのが適切と考え、本研究では、データは取得したままの状態で収納している。

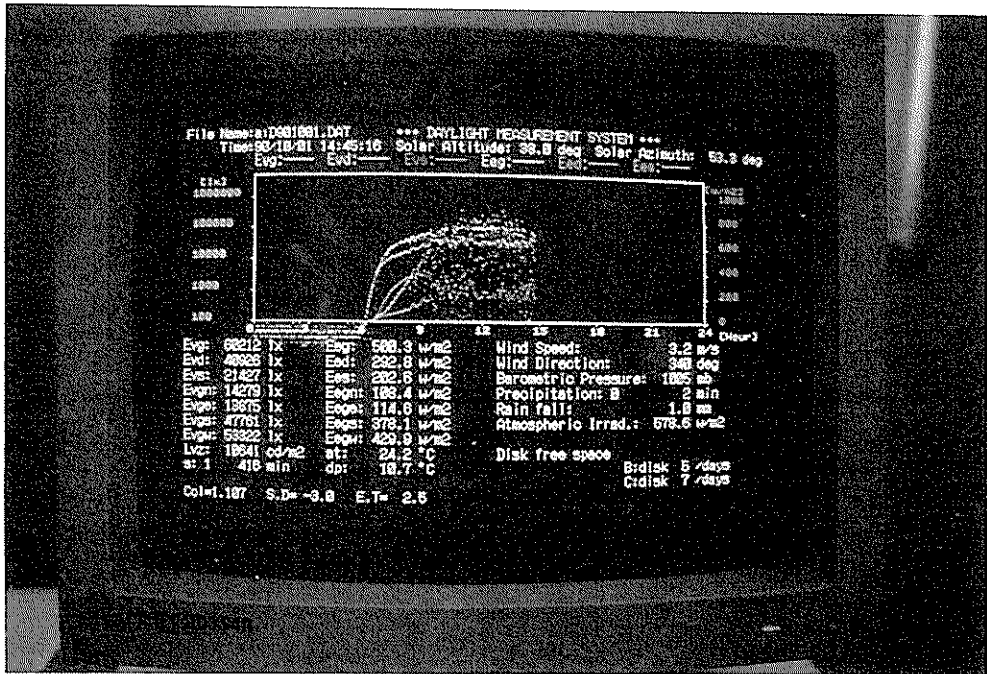


写真3. 取得データのモニタリング画面

ガイドのパートCには、データの整理方法の案も記載している。これも品質管理と同様に、まだ、TC307の討議も経ていない。

この案の整理方法はかなり複雑である。本研究では、新たに独自の次のような整理方法を考えた。すなわち、データは、まず、10分ごとの平均値を用いて、簡単な品質管理を行う。すなわち、この平均値が品質管理をパスすれば、この10分間のデータはすべて合格とする。それを測定項目ごとに、以下のように分類する：

- ①太陽高度6°ごとの月別頻度分布
- ②30分ごとの月別頻度分布
- ③連続する30分ごとの日別頻度分布。

頻度分布は、平均値、最大値、最小値、標準偏差で示す。また、30分ごとと言うときの最初の時刻は、日出後の最初の正時、あるいは、正30分、最後の時刻は、日没以前の最後の正時、または、正30分とする。なお、日照時間は、30分ごとの日照時間の値の頻度分布とする。

この整理を、グローバル照度を例に、表3、表4、表5に示す。

図5は、1日の測定データとそれより求めた昼光に関する指標を1時間の移動平均で図示した例である。

現段階では、利用できるデータが限られている。本邦で普遍的に適用できる標準資料は、各地のデータが出そろった時点で、再度考案することが必要である。





8. 国際昼光測定プログラムの現況

ヨーロッパでは、国際昼光測定プログラムはIEA（国際エネルギー機構）とジョイントしているようである。その他の各国と併せて、現在、48ヶ所の測定所が設置されている。このうち、本邦のは、13ヶ所である。他の国の35ヶ所のうち、研究代表者が測定していることを確認した測定所、あるいは、測定していると予想する測定所は20ヶ所である。この中には、測定していないものを含んでいる可能性がある。測定を開始したが、中止、あるいは、1ヶ年程度測定して、測定所を解体したものが3ヶ所ある。測定所の建設が遅れているもの、あるいは、測定を表明しただけで測定所の建設に着手していないと推定するものが9

表 2. 世界の IDMP 測定所

Code	Pays	Ville	Latitude	Longitude	Altitude	Type	Date	
J1	Japan	Fukuoka	33°31' 10" N	130°28' 45" E	69 m	250	R	Nov.-'90
J2	Japan	Kyoto	35°01' 30" N	135°47' 10" E	62 m		R	Feb.-'91
J3	Japan	Sapporo	43°03' N	141°20' E	14 m		R	Apr.-'91
J4	Japan	Uozu	36°47' 05" N	137°23' 32" E	45 m		G	Jun.-'91
J5	Japan	Nagoya (Meijo)	35°07' 53" N	136°58' 49" E	58 m		G	Jun.-'91
J6	Japan	Nagoya (Daido)	35°04' 37" N	136°54' 49" E	21 m		G	Jun.-'91
J7	Japan	Toyota	35°10' 48" N	137°06' 58" E	189 m	570	G	Jan.-'91
J8	Japan	Suita	34°50' N	135°30' E	60 m		S	Jun.-'91
J9	Japan	Ashikaga	36°20' 56" N	139°23' 58" E	58 m	800	sR	Jul.-'91
J10	Japan	Tokyo	35°40' 01" N	139°49' 23" E	22 m		R	Mar.-'92
J11	Japan	Chofu	35°38' 46" N	139°33' 11" E	43 m		R	Jan.-'93
J12	Japan	Tsukuda	36°09' N	140°03' E	43 m		R	May-'93
J13	Japan	Kiyose	35°46' 55" N	139°32' 30" E	44 m	200	S	
GB1	U. K.	Garston	51°42' 36" N	0°22' 12" W			R	Jul.-'92
GB2	U. K.	Edinburgh	55°57' 00" N	3°13' 12" W			G	'92
GB3	U. K.	Manchester	53°30' 00" N	2°15' 00" W			R	'92
GB4	U. K.	Sheffield	53°22' 48" N	1°30' 00" W			G	'92
F1	France	Nantes	47°09' 00" N	1°19' 48" W	30 m		G	Sep.-'91
F2	France	Vaulx en Velin	45°46' 48" N	4°55' 48" E	170 m		G	Sep.-'91
F3	France	Strasbourg	48°34' 48" N	7°45' 00" E			S	
F4	France	Chanbéry	45°34' 12" N	5°55' 48" E			S	'93
F5	France	Grenoble	45°10' 12" N	5°43' 12" E			S	'93
S1	Sweden	Norrköping	58°36' 00" N	16°10' 48" E			R	'92
S2	Sweden	Gävle	60°40' 12" N	17°10' 12" E			G	'93
S3	Sweden	Kiruna	67°51' 00" N	20°16' 12" E			G	'93
RFA1	Germany	Hamburg	53°33' 00" N	9°58' 48" E			G	'91
RFA2	Germany	Freiburg	46°48' 00" N	7°09' 00" E			S	'92
CH1	Switzerland	Geneva	46°12' 00" N	6°09' 00" E			R	Sep.-'91
NL1	Netherlands	Eindhoven	51°25' 48" N	5°28' 12" E			R	'92
G1	Greece	Athens	37°58' 12" N	23°43' 12" E	107 m		G	Dec.-'91
P1	Portugal	Lisbon	38°45' 36" N	9°08' 24" W	106 m		G	Sep.-'91
IL1	Israel	Bet Dagan	32° N	34°49' 48" E			S	'91
SL1	Slovakia	Bratislava	48°10' N	17°06' E	283 m		S	Mar.-'91
SU1	Russia	Voeikovo					G	
SU2	Russia	Moscow	55°45' 00" N	37°34' 48" E			S	
SU3	Ukraine	Karadag	40°16' 12" N	49°34' 48" E			S	
USA1	USA	Ann Arbor	42°16' 12" N	83°42' 12" W			R	'90
USA2	USA	Albany	42°42' 00" N	73°51' 00" W	79 m		G	Oct.-'91
USA3	USA	Cape Canaveral	28°24' 00" N	80°36' 00" W			R	'92
CDN1	Canada	Calgary	51°03' 00" N	114°04' 48" W			G	'92
AUS1	Australia	Sydney	33°52' 12" S	151°13' 19" E			R	'91
RC1	China	Chongqing	29°18' N	106°28' E	260 m		G	Jan.-'91
RC2	China	Beijing	39°48' N		31 m	200	R	Jun.-'91
RC3	China	Changchun					G	
SPG1	Singapore						R	
SGP2	Singapore						G	
IND1	India	Roorkee					R	
IND2	India						G	

R: Research Class, sR: Simplified Research Class, G: General Class, S: Simplified General Class

 Research Class
  Simplified Research Class
  General Class
  Simplified General Class

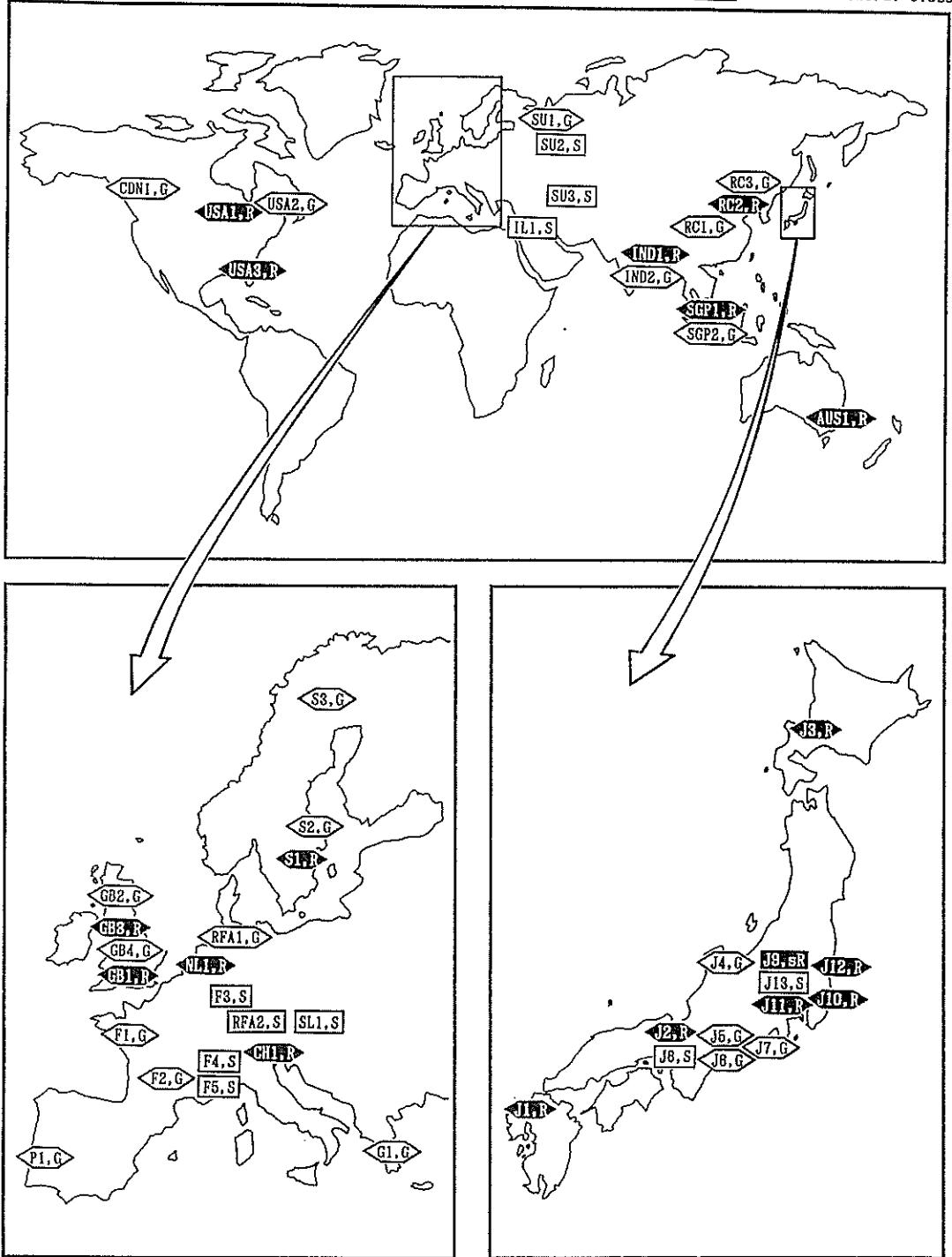


図4. 本邦と世界のIDMP測定所

表3. 太陽高度6°ごとの月別頻度分布(例)

Global Illuminance (Nov.-'91) [lx]				
Solar Alti.	Mean	Max.	Min.	σ
6°	5398	10051	612	3094
12°	13939	24486	1300	6836
18°	25157	37724	1860	9834
24°	34211	49514	2447	16183
30°	41725	63690	3814	20783
36°	50201	78679	11352	23392
36°	50353	75023	6302	21109
30°	45708	63843	2772	18993
24°	34898	49876	2274	14210
18°	20700	37157	2016	11900
12°	11860	22109	799	7285
6°	4851	10166	426	2879

表4. 30分ごとの月別頻度分布(例)

Global Illuminance (Nov.-'91) [lx]				
Time	Mean	Max.	Min.	σ
7:31~8:00	10572	26233	612	6695
8:01~8:30	19502	37724	1300	9355
8:31~9:00	27284	48576	1860	12848
9:01~9:30	34200	57062	1878	17215
9:31~10:00	40532	66715	3044	20332
10:01~10:30	46217	72599	3814	21689
10:31~11:00	47963	77209	3607	22513
11:01~11:30	53673	86287	5773	21736
11:31~12:00	56591	85000	5770	22717
12:01~12:30	56381	84974	5767	22352
12:31~13:00	57443	85108	6824	22136
13:01~13:30	52201	78127	3214	21283
13:31~14:00	45780	73140	2325	20851
14:01~14:30	44995	65912	1553	17862
14:31~15:00	35907	59442	1299	15104
15:01~15:30	26759	48866	1444	14223
15:31~16:00	17332	36767	995	9874
16:01~16:30	10006	22708	799	6079
16:31~17:00	3994	12157	194	2765

ヶ所ある。

本邦も含めて世界の測定所の概要は、表2と図4に示してある。

本邦の測定所の建設はこれらに比してかなり早く始まった。しかも、現在、すべての測定所で測定を継続している。本邦の大部分の測定所のデータの取得は1990年から1991年に掛けて始まっているが、他の諸国では、早くて、1991年の終り

表5. 連続する30分ごとの日別頻度分布(例)

Global Illuminance (4-Nov.-'91) [lx]				
Time	Mean	Max.	Min.	σ
7:01~7:30	9146	16607	4144	3420
7:31~8:00	21231	26949	14013	4479
8:01~8:30	32447	39070	20228	4366
8:31~9:00	44660	50571	39641	3111
9:01~9:30	54928	58564	51354	2068
9:31~10:00	63058	66313	58679	2216
10:01~10:30	69886	73573	66542	2105
10:31~11:00	75527	78124	73132	1453
11:01~11:30	78906	80131	77749	638
11:31~12:00	80878	82153	79315	790
12:01~12:30	81709	82251	80946	362
12:31~13:00	79697	81354	78401	819
13:01~13:30	76429	78532	74225	1443
13:31~14:00	70875	74258	67178	2132
14:01~14:30	63524	67194	60049	2207
14:31~15:00	55433	60212	50277	2884
15:01~15:30	45077	49951	39086	3323
15:31~16:00	32007	38418	25856	4017
16:01~16:30	17877	24502	10457	3875
16:31~17:00	8869	13817	4372	2891

からである。

このように、本研究で始まった本邦の国際昼光測定プログラムでの活動は各国の注目を沿っている。本研究で開発した機器も逐次各国での使用が始まっている。

本邦の上記のような活動が各国の委員に評価され、研究代表者は、1993年4月に開催されたTC325の技術委員会でも委員長に推挙された。

9. 収集データの応用研究

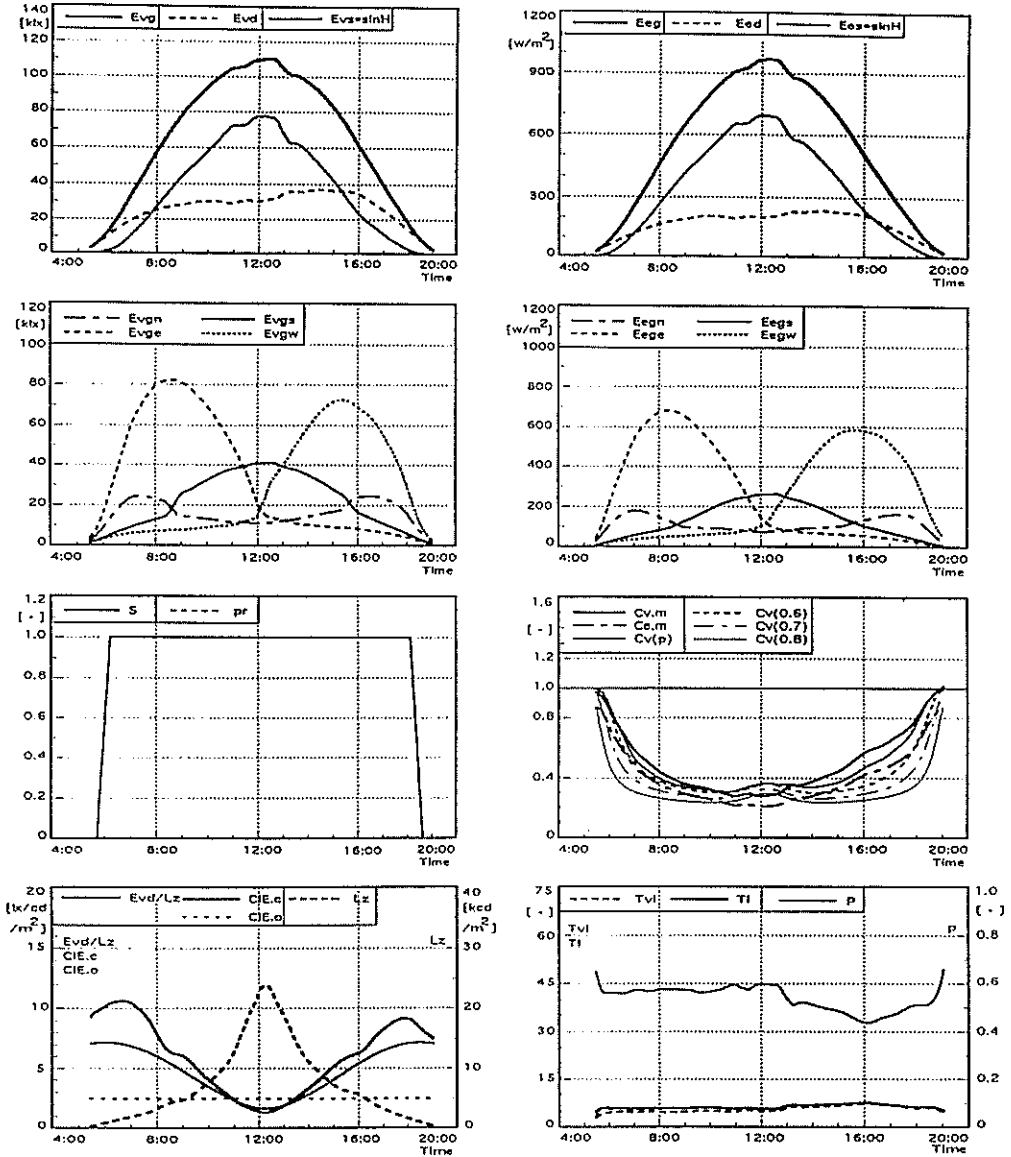
現在、収集データや、前記の整理後のデータを活用して、昼光や日射に関する種々の研究を進展させている。また、それらの一部を海外の測定所の収集データと比較検討している。さらに、個人的ではあるが、データを所望する研究者に供給している。これらの成果の一部は、すでに公表されている。本報告には「発表文献リスト・収録データの応用研究関係」として、研究代表者と協同研究者が発表した文献のリストを付した。

研究成果

本研究の成果として第1に挙げるべきは、昼光と日射の総合測定システムの完成である。また、

30 min. moving average

KYUSHU UNIVERSITY
 Date: 92/06/02
 Latitude: 33° 31' N Longitude: 130° 28' E
 Declination: 22.12° Equation of time: 2.22'



Evg, Evd: Global and diffuse horizontal illuminance
 Evs: Direct beam illuminance (Horizontal; H: Solar altitude)
 EvgN, EvgE, EvgS, EvgW: N, E, S, W global vertical illuminance
 S: relative sunshine duration Lz: Zenith luminance
 CIE.c, CIE.o: Evd/Lz of CIE standard clear and overcast sky
 P: Atmospheric transmittance pr: Precipitation
 Tvl, Tl: Turbidity factor of illuminance and irradiance
 Eeg, Eed: Global and diffuse horizontal irradiance
 Ees: Direct beam irradiance
 EegN, EegE, EegS, EegW: N, E, S, W global vertical irradiance
 Cv.m, Cv.e, Cv(p): Cloud ratio of illuminance and irradiance
 Cv(p), Cv(0.6), Cv(0.7), Cv(0.8): Calculated cloud ratio of illuminance in clear sky when P equal measured value, 0.6, 0.7 and 0.8 respectively

図5. 昼光データとその指標のまとめ (例)

そのための測定機器の開発である。本邦で現在稼動している13ヶ所の測定所は、すべて本研究で構成したシステムを採用している。

測定機器の開発で特記すべきは、実用的な天空輝度分布計を世界で初めて完成したことである。これは、すでに述べたように世界的に着目されている。さらに、これに天空放射輝度分布の測定機能を付加したことも、大きな研究成果と言える。

手動で行い、多大の労力を必要とする遮蔽バンドの調整を自動化し、省力化したことも顕著な研究成果と考える。

データの整理方法は、現在のところ完成の域に達しているとは言えない。しかし、一つの方向を示したことは確かである。この評価は、今後、この資料を利用する研究者や実務家が決めることである。本研究の研究者は、それを勘案してより優れた標準データの作成を目指す。

測定したデータを用いた研究、すなわち、「発表文献・収録データの応用研究関係」に示すように、昼光と日射のデータの特性の解析、クラウドレイショ、太陽放射の発光効率、さらに、昼光照明設計用の天空輝度分布モデルの構成方法への応用と発展している。

国際昼光測定年の活動の一環として、世界に先駆けて本邦が目ざましい成果を挙げたことも、また、これがガイドの完成に大きく寄与していることも本研究の成果である。

今後の課題と発展

本邦では、かなりの数の測定所が建設され、データの収集を開始している。しかし、資金の調達に従って、測定所を建設したので、測定所の地域的分布は若干偏たよっている憾みがある。例えば、東北地方には測定所がない。裏日本には1ヶ所だけである。これらの地区にも測定所を建設し、測定データの収集を計らなければならない。

有用な標準資料やデータを作成し、活用可能とするには、まず、これらの資料を総合するデータセンターの機能を持つ機関を設立しなければならない。そのためには、本邦のすべての測定所をネットワーク化し、データを一元的に収集し、データの整備と保管、標準化を計らねばならな

い。研究者や実務家に整備したデータを効果的に頒布しなければならない。したがって、今後の課題の第一は、このための方法論の確立である。また、その具体的な作業である。この機関の機能を発揮するための種々のコンピュータプログラムの作成も必要となると考える。

さらに、より多くのデータを収集し検討し、より汎用性のある標準データに昇華させることも必須である。

また、昼光と日射に関するデータのデータバンク化、本邦におけるそのマップの作成なども考えられる。

研究代表者はTC325の委員長に就任した。したがって、前記の各件は、本邦だけでなく、世界の立場で考えなければならない。世界の測定所の整備と偏在の解消、例えば、現在、両回帰線間の赤道地帯には測定所を欠いている。そして、測定所のネットワーク化、世界のデータセンターの設立、全世界のデータの整備、マップの作成、データバンクの作成など今後の課題は多い。

現実的な課題として、今後、本研究に継続して行わなければならないのは、昼光と日射に著しく影響を及ぼす雲量の連続自動測定機器の開発である。これに関する研究も進めた。関係論文を「発表文献リスト・雲量の連続自動測定機器の開発関係」に列記する。

発表文献リスト

測定機器の開発、測定システムの構築、測定所の建設関係

- 1) Nakamura, H., Otsuru, T. *et al.*: Daylight and Solar Radiation Measurement Stations Newly Established in Japan, International Daylighting Conference '90, pp. 1-8, 1990年10月.
- 2) 中村 洋, 大鶴 徹, 他: 九州大学における昼光と日射の研究クラスの測定所, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 173-174, 1990年10月.
- 3) 中村 洋, 大鶴 徹, 他: 走査型天空輝度分布測定装置の試作, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 175-176, 1990年10月.
- 4) 中村 洋, 大鶴 徹, 他: 昼光と日射の太陽の高度別資料の収集について, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 177-178, 1990年10月.
- 5) Nakamura, H., Oki, M. *et al.*: Daylight and Solar Radiation Measurements at Meijo Uni-

- versity, AIDI, Congresso Internazionale, pp. 203-212, 1990年10月.
- 6) 中村 洋, 大鶴 徹, 他: 九州大学の昼光と日射の測定システムと測定機器, 日本建築学会九州支部研究報告 No. 32, pp. 33-36, 1991年3月.
 - 7) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 国際昼光測定年のための測定機器一主として九州大学の場合一, 照明学会創立75周年記念全国大会講演予稿集, pp. 112-113, 1991年4月.
 - 8) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 足利工業大学における国際昼光測定年のための昼光と日射の測定一測定システムと機器の概要一, 足利工業大学研究集録 第17号, pp. 89-96, 1991年3月.
 - 9) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: New Sky Scanner for the Measurement of Sky Luminance Distribution, CIE Proceedings of 22nd Session, Vol. 1, Part 1, Melbourne, 1991, pp. 61-62, 1991年7月.
 - 10) Nakamura, H., Oki, M. *et al.*: Two General Class Measurement Stations for IDMY in Nagoya, CIE Proceedings of 22nd Session, Vol. 1, Part 1, Melbourne, 1991, pp. 114-115, 1991年7月.
 - 11) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Research Class Measurement Stations for IDMY in Japan, CIE Proceedings of 22nd Session, Vol. 1, Part 1, Melbourne, 1991, pp. 116-117, 1991年7月.
 - 12) 中村 洋, 古賀靖子: 本邦における昼光と日射の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp. 29-30, 1991年9月.
 - 13) 中村 洋, 西村政信, 他: 大同工業大学における国際昼光測定プログラムに基づく一般クラスの測定所, 電気関係学会東海支部連合大会, pp. 534, 1991年11月.
 - 14) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 天空輝度分布と天空放射輝度分布の走査型測定装置の開発, 平成4年度照明学会全国大会, pp. 67-68, 1992年.
 - 15) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 天空輝度分布と天空放射輝度分布の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp. 265-266, 1992年8月.
 - 16) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Measurement of Daylight and Solar Radiation in Ujung Pandang-Indonesia, Part 1. Outline and Measurement Equipment, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol. 9, pp. 1-4, 1993年3月.
 - 17) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Daylight Measurement in Indonesia, Part 1. Outline of the Measurement, 平成5年度照明学会全国大会, pp. 58-59, 1993年.
 - 18) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Simplified Daylight Measurement in Indonesia, Part 1. Measurement System and Equipment, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp. 1195-1196, 1993年9月.
- データの収集, 自動品質管理, 統計的処理などの関係
- 1) 中村 洋, 大鶴 徹, 他: CIEの昼光測定ガイドによる昼光測定データの品質管理の試み, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 32, pp. 37-40, 1991年3月.
 - 2) 中村 洋, 大鶴 徹, 他: 昼光測定データの自動品質管理—CIE 昼光測定ガイドの方法の試験的適用—, 照明学会創立75周年記念全国大会講演予稿集, pp. 114-115, 1991年4月.
 - 3) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 昼光と日射の自動品質管理について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp. 31-32, 1991年9月.
 - 4) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 昼光と日射の測定データの要約について, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 33, pp. 1-4, 1992年3月.
 - 5) 中村 洋, 古賀靖子, 他: IDMPの本邦における昼光と日射の測定データの要約, 平成4年度照明学会全国大会, pp. 69-70, 1992年.
 - 6) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 昼光と日射のデータの統計的要約の試み, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp. 259-260, 1992年8月.
 - 7) 中村 洋, 松澤朋子, 他: 昼光と日射の測定データに関する天空状態の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp. 277-278, 1992年8月.
 - 8) Nakamura, H., Matsuzawa, T. *et al.*: Measurement of Daylight and Solar Radiation in Ujung Pandang-Indonesia, Part 2. Examples of Data, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol. 9, pp. 5-8, 1993年3月.
 - 9) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 昼光測定データの輝度分布の推定(その1), 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol. 9, pp. 9-12, 1993年3月.
 - 10) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Statistical Arrangement of the Data for IDMP in Japan, The VIIth European Lighting Conference LUX EUROPA 1993, Vol. II, pp. 518-531, 1993年4月.
 - 11) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 昼光測定データの天空状態分類の方法について(その1—晴天空), 平成5年度照明学会全国大会, pp. 54-55, 1993年.
 - 12) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Daylight Measurement in Indonesia, Part 2. Summary of the Data, 平成5年度照明学会全国大会, pp. 60-61, 1993年.
 - 13) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Simplified Daylight Measurement in Indonesia, Part 2. Luminous Efficacy, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp. 1197-1198, 1993年9月.
 - 14) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 昼光測定データによる天空状態の分類方法の開発(その1—晴天空),

日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp. 1209-1210, 1993年9月.

国際昼光測定プログラム関係

- 1) 中村 洋: 国際昼光測定年, 建築雑誌, Vol. 106, No. 1308, pp. 50-51, 1991年1月.
- 2) 中村 洋, 古賀靖子: 国際昼光測定年に対する本邦の体制, 日本建築学会九州支部研究報告 No. 32, pp. 29-32, 1991年3月.
- 3) 中村 洋, 古賀靖子: 国際昼光測定年に対応する本邦の測定所, 照明学会創立75周年記念全国大会講演予稿集, pp. 110-111, 1991年4月.
- 4) 中村 洋: 国際昼光測定プログラムとこれに対する本邦の対応, 照明学会誌, Vol. 75, No. 9, pp. 42-44, 1991年9月.
- 5) Nakamura, H.: Activities of CIE Division-3 in Japan, Prakash 1991 Proceedings, pp. 147-150, 1991年.
- 6) 中村 洋: 国際昼光測定プログラム (IDMP), 日本建築学会環境工学委員会熱環境委員会第22回熱シンポジウム, pp. 13-20, 1992年8月.

収録データの応用研究関係

- 1) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 日射の発光効率に関する研究—既往の研究—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 179-180, 1990年10月.
- 2) Nakamura, H., Pulpitlova, J. *et al.*: Links between Clear and Overcast Skies through Intermediate Ones, 照明学会創立75周年記念全国大会講演予稿集, pp. 117-118, 1991年4月.
- 3) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: The Modified Equation of the Zenith Luminance of the Clear Sky, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), pp. 41-42, 1991年9月.
- 4) Nakamura, H., Pulpitlova, J. *et al.*: Daylight Measurements and Their Data Processing, Proceedings of the Biennial Congress of the International Solar Energy Society, Vol. I, Part II, pp. 923-929, 1991年8月.
- 5) Nakamura, H., Pulpitlova, J. *et al.*: The Issues of Urban and Building Climatology for Building Science, Energy and Buildings, 15-16, pp. 399-405, 1991年.
- 6) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 発光効率に関する若干の考察, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 33, pp. 5-8, 1992年3月.
- 7) 中村 洋, 松澤朋子, 他: Cloud Ratio について, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 33, pp. 9-12, 1993年3月.
- 8) Nakamura, H., Koga, Y. *et al.*: Examination on the Zenith Luminance of the Intermediate Sky, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 33, pp. 13-16, 1992年3月.
- 9) 中村 洋, 松澤朋子, 他: Cloud Ratio による天空輝度分布モデルについて, 平成4年度照明学

会全国大会, pp. 57-58, 1992年.

- 10) 中村 洋, 松澤朋子, 他: 可視光に関する Cloud Ratio についての若干の検討, 平成4年度照明学会全国大会, pp. 59-60, 1992年.
- 11) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 発光効率について, 平成4年度照明学会全国大会, pp. 71-72, 1992年.
- 12) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 発光効率に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp. 267-268, 1992年8月.
- 13) 中村 洋, 松澤朋子, 他: Cloud Ratio の出現率について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp. 271-272, 1992年8月.
- 14) 中村 洋, 松澤朋子, 他: Cloud Ratio を指標とする中間天空の輝度分布の連続的構成, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol. 9, pp. 31-16, 1993年3月.
- 15) Nakamura, H., Matsuzawa, T. *et al.*: An Investigation on Cloud Ratio, The VIIth European Lighting Conference LUX EUROPA 1993, Vol. II, pp. 622-629, 1993年4月.
- 16) Nakamura, H., Matsuzawa, T. *et al.*: Study on Luminous Efficacy—The Relation to Cloud Ratio, The VIIth European Lighting Conference LUX EUROPA 1993, Vol. II, pp. 799-803, 1993年4月.
- 17) 中村 洋, 松澤朋子, 他: 晴天天空のクラウドレイショに関する若干の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp. 1207-1208, 1993年9月.

雲量の連続自動測定機器の開発関係

- 1) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 雲量測定のための予備的考察, 天空光の色の測定 1. 晴天天空の場合, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 32, pp. 9-12, 1991年3月.
- 2) 渡辺俊行, 他: 垂直面日射量の推定精度について, 日本建築学会九州支部研究報告, 第32号, pp. 133-136, 1991年3月.
- 3) 渡辺俊行, 他: 鉛直面日射の推定精度について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 851-852, 1991年9月.
- 4) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 雲量測定のための予備的考察, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 33, pp. 17-20, 1992年3月.
- 5) 渡辺俊行, 他: 実測データに基づく日射の直散分離・合成方法の検討, 日本建築学会九州支部報告, 第33号 pp. 233-236, 1992年3月.
- 6) 渡辺俊行, 他: 日射の直散分離の違いが建物の熱負荷に及ぼす影響, 日本建築学会九州支部報告, 第33号, pp. 269-272, 1992年3月.
- 7) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 雲量による天空光の考察, 平成4年度照明学会全国大会, pp. 61-62, 1992年.

- 8) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 天空光の色について, 平成4年度照明学会全国大会, pp. 63-64, 1992年.
- 9) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 天空光による曇量の考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp. 273-274, 1992年8月.
- 10) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 晴天空色の数の数式化, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp. 275-276, 1992年8月.
- 11) 渡辺俊行, 他: 日射の直散分離・合成方法について, その1(実測データに基づく日射の直散分離・合成方法の検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1023-1024, 1992年8月.
- 12) 渡辺俊行, 他: 日射の直散分離・合成方法について, その2(分離・合成の違いが建物の熱負荷に及ぼす影響), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1025-1026, 1992年8月.
- 13) 渡辺俊行, 他: 天空の放射輝度分布が建物の方位別日射量および空調負荷に及ぼす影響, 日本建築学会第22回シンポジウム, pp. 37-42, 1992年8月.
- 14) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 曇量の測定に関する研究, 空と雲の判別について, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol. 9, pp. 17-20, 1993年3月.
- 15) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 晴天空色の数の数式化, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol. 9, pp. 21-24, 1993年3月.
- 16) 中村 洋, 松澤朋子, 他: クラウドレイショの変動実態を考慮した天空輝度分布, 平成5年度照明学会全国大会, pp. 52-53, 1993年.
- 17) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 空と雲の判別方法に関する研究, 平成5年度照明学会全国大会, pp. 56-57, 1993年.
- 18) Watanabe, T. *et al.*: Estimation of Solar Radiation on Tilted Surfaces from Global Solar Radiation and Its Influence on Air-conditioning Load of Buildings, ISES Solar World Congress 1993, Budapest, 1993年8月.
- 19) 中村 洋, 古賀靖子, 他: 空と雲の判別方法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp. 1211-1212, 1993年9月.