

①

直射日光を含む昼光照明設計法に関する研究

生活科学研究科
生活環境学専攻

平成2年度

岩田三千子

目 次

	ページ
1. 序	.....5
1.1. 目的	.....6
引用文献	
1.2. 従来の研究	.....8
1.2.1. 昼光光源の設計用資料化に関する研究	.....8
1.2.2. 直射日光を利用するための窓装備に関する研究	.....10
1.2.3. 従来の研究の問題点と本研究の意義	.....10
引用文献	
1.3. 本論文の構成	.....14
2. 昼光光源の設計用資料化	.....16
2.1. 同時出現頻度に基づく直射日光照度と天空光照度	.....17
2.1.1. 緒言	.....17
2.1.2. 水平面昼光照度の測定	.....18
2.1.3. 鉛直面昼光照度の算定方法	.....18
2.1.3.1. 屋外での鉛直面昼光照度	.....18
2.1.3.2. 窓ガラス透過後の鉛直面昼光照度	.....19
2.1.4. 結果および考察	.....20
2.1.4.1. 屋外での鉛直面全昼光照度の出現頻度	.....20
2.1.4.2. 屋外での鉛直面直射日光照度と鉛直面天空光の 同時出現頻度	.....20
2.1.4.3. 窓ガラス透過後の鉛直面直射日光照度と鉛直面 天空光照度の同時出現頻度	.....21
2.1.5. まとめ	.....21
引用文献	

2.2. 地物表面の反射率	.....32
2.2.1. 緒言	.....32
2.2.2. 測定概要	.....32
2.2.3. 測定Aについて	.....33
2.2.3.1. 測定方法	.....33
2.2.3.2. 測定結果および考察	.....33
2.2.4. 測定Bについて	.....35
2.2.4.1. 測定方法	.....35
2.2.4.2. 測定結果および考察	.....35
2.2.5. 窓面昼光照度の実測値と計算値との関係	.....36
2.2.6. まとめ	.....36
引用文献	
3. 住宅における昼光環境予測	.....53
3.1. 住宅外部環境の時系列変化	.....54
3.1.1. 緒言	.....54
3.1.2. 調査概要	.....54
3.1.2.1. 調査対象住戸	.....54
3.1.2.2. 住宅規模による調査グループ間の差の検定	.....54
3.1.2.3. 外部環境の実測方法	.....55
3.1.3. 調査結果および考察	.....55
3.1.4. まとめ	.....56
引用文献	
3.2. 都市住宅の外部環境調査	.....67
3.2.1. 緒言	.....67
3.2.2. 調査対象住戸	.....67
3.2.3. 調査概要	.....68

3.2.3.1. 実測方法	.....68
3.2.5.2. 処理方法	.....68
3.2.4. 測定結果	.....68
3.2.4.1. 直射日光の可照時間率	.....68
3.2.4.2. 住宅外部環境要素の出現位置	.....69
3.2.4.3. 住宅外部環境要素の立体角投射率	.....69
3.2.5. まとめ	.....70

引用文献

4. 窓装備の設計用資料化	.....84
4.1. 光拡散性固定型ブラインドによる作業面照度分布	.....85
4.1.1. 緒言	.....85
4.1.2. 光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数	.....85
4.1.3. 測定装置	.....86
4.1.4. 測定方法	.....86
4.1.5. 理論計算の方法	.....87
4.1.5.1. 作業面直接照度	.....87
4.1.5.2. 作業面間接照度	.....88
4.1.6. 結果および考察	.....89
4.1.6.1. 作業面直接照度分布	.....89
4.1.6.1.1. 直射日光の入射高度による変動	.....89
4.1.6.1.2. 直射日光の入射方位角による変動	.....89
4.1.6.2. 作業面間接照度分布	.....90
4.1.6.2.1. 一次反射光による間接照度分布	.....90
4.1.6.2.2. 作業面切断法による間接照度	.....90
4.1.6.2.3. 間接照度の算定方法の検討	.....91
4.1.7. まとめ	.....91

引用文献

4.2. 光拡散性固定型ブラインドの透過指向特性の数式化	.....109
4.2.1. 緒言	.....110
4.2.2. 作業面照度の算定方法	.....111
4.2.2.1. 直接照度	.....111
4.2.2.2. 間接照度	.....112
4.2.3. 透過指向係数の数式化	.....112
4.2.3.1. 直射日光の成分	.....113
4.2.3.1.1. 入射方向による検討	.....113
4.2.3.1.2. 透過方向による検討	.....114
4.2.3.1.3. 基準条件における透過指向係数と透過プロ フィール角との関係式	.....115
4.2.3.1.4. 推定精度の検討	.....115
4.2.3.2. 天空光および地物反射光の成分	.....115
4.2.3.2.1. 透過方向による検討	.....116
4.2.3.2.2. 基準条件における透過指向係数と透過高度 との関係式	.....117
4.2.3.1.3. 推定精度の検討	.....117
4.2.4. まとめ	.....117
引用文献	
5. 結論	.....145
謝辞	.....148
研究発表一覧	.....149

1. 序

1.1 目的

昼光は時間的・季節的変動が大きいばかりでなく、天候・大気条件等によっても左右され照明設計上その取扱いは困難である。また昼光による室内の照明環境は通常片側採光であるため、室内での照度および輝度のばらつきが大きくなるなど、人工光源に基づく照明環境に比べて視環境上質の高い照明環境を得にくいといえる。そのため、視作業上はむしろ昼光を遮断した無窓建築で人工光源のみに頼って照明を行う方が有利であるとされてきた。しかしながら、室内の作業者にとっては視環境の快適性は作業性のみによって評価されるものではなく、窓が存在することによって得られる心理的充足感を踏まえた上で視環境の計画が行われるべきであると考えられる。さらにまた、人工光源と併用しながら昼光を照明用光源として積極的に利用することは、省エネルギー上の観点からみても非常に有利であると考えられる。

従来の昼光照明設計法においては、昼光光源としては比較的安定した明るさが得られる天空光のみを対象としたものが主流であった。時々刻々変動の激しい直射日光は照明設計作業には馴染まなかった。たとえベネチアンブラインド等の直射日光遮蔽装置を通してであっても、ブラインドのスラット面で反射した直射日光の透過光が直射日光の出現状況にともなって室内照度分布性状の変動を生み、直射日光を含んだ室内照度の恒常的な予測を行うことは困難であったといえる。

本来、昼光照明設計法においては限定された条件下のある瞬間の状況を断片的に知ることも必要ではあるが、より重要なことは特定期間（年間、冷房期間など）における昼光環境の推移や、設定した状況の出現割合などを知ることだといえる。すなわち、昼光の変動に追随する照明環境の変動をどの様な側面についてどの程度の精度で捉えればよいかを明確にすることこそ、昼光の変動を含めて環境設定のための広範な条件や目的に対応できる予測法の確立を成し遂げることになるといえる。

従来より昼光照明設計法の研究は、多くは事務作業や読書など机上面における視作業についてのみその作業性の善し悪しを対象として検討が行われてきた。この場合、昼光環境の出現状況に影響をおよぼす窓前の外部環境に関しては、

もっとも単純な形で天空部分を覆う地物が何もない状態、すなわち高層な建築物内の事務室におけるような場所での外部環境状態が想定されていた。このような場合には外部環境を単純に処理して、水平面での昼光の出現実態に基づいて窓面での昼光の出現状態も比較的楽に予測できると考えられる。

しかしながら、住宅（特に、低層な戸建住宅）における昼光照明環境は、高層な建築物に位置した事務室とは異り窓前の外部環境の存在の仕方は複雑で、その複雑な外部環境に影響されるがゆえに室内の昼光照明環境の予測は困難であると考えられる。すなわち、住宅における昼光照明設計を行う場合、窓前の外部環境の存在実態の解明こそ昼光照明環境予測の重要なポイントであると考えられる。

ゆえに本研究では、直射日光を含む昼光照明設計法の確立に寄与する目的で、従来より行われている事務室のような単純な形の外部環境下での昼光照明設計法に関する研究を行うと共に、外部環境の存在の仕方が複雑で、窓面における昼光の出現実態の予測が困難な住宅での昼光照明設計法についても新たに住宅の外部環境の実測結果に基づいて考察を行うものである。その際、過去において取扱いが困難な故に無視されてきた直射日光についても、天空光と共に同時出現性を考慮して出現実態を明らかにし、両者の昼光照明設計用資料化を行う。さらに、直射日光を含む昼光照明設計時に欠くことのできない直射日光遮蔽装置（本研究では光拡散性固定型ブラインド¹⁾を対象とする）の透過指向特性の数式化を行って、室内の昼光照明環境の向上を目指して直射日光を含む昼光照明設計法に関する一連の研究を行う。

引用文献

- 1) 中根芳一・土井正・横田圭：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによる昼光照明設計法、日本建築学会建築環境工学論文集、Vol.5 pp89~94 1983

1.2. 従来の研究

1.2.1. 昼光光源の設計用資料化に関する研究

CIE（国際照明委員会）は、1955年に昼光光源の設計用資料としてCIE標準曇天空を推奨した。これは、天空要素すなわち天空の任意の部分について、その方位に関係なく高度のみの関数として天空の輝度分布を数式化したものである。その値は相対輝度で表され、天頂から地平に向かうに従って順次減少する。この場合のCIE標準曇天空とは、全天が雲に覆われて太陽位置が確認できない、天空輝度がかなり低いときの天空に当たる¹⁾。

次いでCIEは、1973年にCIE標準晴天空を推奨した。これは、ある天空要素の輝度を太陽の高度と天空要素の高度、および太陽位置からの方位に基づく関数として天頂輝度に対する相対値で表したものである。すなわち、快晴時の天空の輝度分布によく一致するものである²⁾。

伊藤克三ら³⁾は、吹田市における北1/4天空の天空光照度の測定結果から、直射日光を除外した天空光照度が天空の平均光束発散度と一致することに基づいてその $1/\pi$ の値が平均天空輝度に相当することを述べ、天空光照度を用いて天空輝度を表している。さらに天空光照度の設計用標準値は、太陽高度 10° 以上の採光昼間における累積頻度分布の90%レンジ値でもって標準値とするのが妥当としている。すなわち、天空光照度の上限値は 50000lx 、下限値は 5000lx であるとし、実用上は、80%上限値の 32000lx を設計用標準値とし採用するのが適当であると述べている。

さらに、引続きこの観測値を用いて日本の全国レベルでの適用の可能性を検討して⁴⁾、各地域での天空光照度の推定値は、緯度別の太陽高度の出現頻度と天気別に得られた太陽高度と天空輝度との関係および気象資料をもとに推定する方法と、別な方法として天空輝度に及ぼす天候の影響を国内における地域差の程度では無視できると見なして、緯度の違いのみの条件によって補正して行う方法の二つで検討を行っている。それより、二つの方法に基づく結果に大差がないことから、大阪での測定結果に基づく設計用標準値を全国的に採用しても差し支えないとしている。しかしこれは、昼光および人工光の併用照明設計時の検討にはあまり有用でないと述べている。

中村洋ら⁵⁾は、天空をCIE標準曇天空、CIE標準晴天空、およびそのどちらでも無い中間天空に分類し、任意の検討地点での各々の天空の出現頻度と天球上の太陽位置の出現頻度によって構成する平均天空を考案している。この平均天空は、天空の輝度分布予測をより実際の天空の輝度分布に即したものとして扱うためのもので、検討地点、検討期間を設定することによって就業時間帯(9:00~17:00)に現れる全ての天空の平均的な天空輝度分布状態である述べている。さらに、これらの天空輝度分布図より数式化の報告も行っている⁶⁾。また、その他 CIE標準曇天空に変わる新しい天空の輝度分布の検討を行った報告⁷⁾もある。

伊藤克三ら⁸⁾は、直射日光は天空光と異なり指向性を持つことから、昼光照明設計のための資料化を行うにはその照度レベルと共に受照面への入射方向を設定しなければならないとしている。そこでまず太陽運行の規則性に着目して入射方向の簡略化を行い、太陽が等分割したある範囲内の天球上に位置する場合にはその範囲内における太陽位置は変わらないと仮定して、直射日光の照射方向を簡略した形で取扱って太陽がその範囲内に滞留する時間でもって表すという方法で直射日光の昼光照明設計用資料化を行っている。

さらに伊藤克三ら⁹⁾は、室内の作業者の視覚と直射日光の出現状態との関わりを見るために、直射日光法線面照度の年間の観測結果に基づいてその変動割合を検討し、直射日光出現の変動実態が及ぼす視認性への影響は作業者にとってさほど危険なものではないことを述べている。

檜崎正也ら¹⁰⁾は、全昼光を対象とする昼光照明設計法の手法を、昼光の年間を通じた実態の把握、遮蔽装置の特性把握、それに対応する昼光データの設計用資料化、得られた窓面昼光照度と室内各点での昼光に基づく照度との関係を年間を通じての時間比率で表現するという4つの課程で表しており、さらに、それに基づく計算例を佐藤隆二ら¹¹⁾が報告している。

大野治代ら¹²⁾は、地物反射光の変動実態を基に、測定地点と類似した窓前条件を有し年間の天気変動もほぼ同一と見なし得る地点の、年間、あるいは天気別の地物反射光を推定する資料について検討した。さらに引続き、窓前の地物の種類や窓の方位、および天気条件が異なる地点における地物反射光を推定する場合についても検討し、対象となる地物表面の反射率を設計用資料として簡

略化した値で示した¹³⁾。

1.2.2. 直射日光を昼光光源とするための窓装備に関する研究

伊藤克三ら¹⁴⁾は、ベネチアンブラインドの透過指向特性を測定し、その結果、拡散性の強い層内反射成分については太陽方位角の影響を無視できることを明らかにし、引き続いて佐藤隆二ら¹⁵⁾がそれによる室内照度算定図表を作成している。

松浦邦男ら¹⁶⁾は、従来のベネチアンブラインドにおける採光特性に関しブラインドスラットを平板と見なして解析した後、再びブラインドスラットの曲率を与えて計算し求めている。次いで模型実験により、ブラインドに直射日光があたっている場合の室内照度の予測法の確立を目指して、太陽高度および太陽方位角と室内照度の関係を検討した¹⁷⁾。またその際には、ブラインド面に対する直射日光の入射角をプロファイル角を用いて簡略化できることを明らかにしている¹⁸⁾。以上の結果から、松浦邦男らはベネチアンブラインドによる室内昼光照明計算法を理論式によって導いている¹⁹⁾²⁰⁾。

中根芳一ら²¹⁾は、従来のベネチアンブラインドでは処理できなかったブラインドスラット面での直射日光の鏡面反射成分の室内への入射を無くし、実用上十分な光拡散性能を備え、かつ従来のベネチアンブラインドで生じた直射日光の遮蔽にともなう天空光成分の過度の排除をも防ぐことのできる光拡散性固定型ブラインドの開発を行った。その際実測に基づいて、直射日光、天空光、地物反射光の各々による光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数（室内測定点よりのブラインド面の輝度 (cd/m^2) / ブラインド外側面での昼光照度 (lx))を求めた。さらに、従来の昼光率算定図表と同様の方法で光拡散性固定型ブラインドによる昼光照明設計法を示した。

1.2.3. 従来の研究の問題点と本研究の意義

従来より、人工光のみならず直射日光を照明用光源として有効利用するためには、直射日光、天空光、地物反射光の出現実態を解明するとともに、各々の昼光について昼光照明設計用資料化のための様々な研究が行われてきた。しかしながら、従来の昼光光源の出現実態の解明の際には直射日光、天空光、地物反射光のそれぞれの昼光成分は別々に切り放して検討が行われており、受照面での直射日光と天空光の同時出現性を無視した状態に基づく結果であると考えら

れる。いずれにせよ、直射日光の出現実態に関する研究の歴史は浅く十分な検討がなされているとは言い難い。

地物反射光についても、従来の昼光に基づく照明設計研究が主として事務室を対象として行われていることから、窓前の外部環境、すなわち地物反射光の出現実態に多大な影響を及ぼす地物の存在の仕方が比較的単純な条件にのみ設定されていると考えられ、例えば、住宅（特に、低層な戸建住宅）におけるような複雑な外部環境条件下での昼光照明設計用資料としては不十分であると言える。

また、直射日光を昼光光源として有効に利用するために、一般的な窓装備であるベネチアンブラインド等に関してもその透過指向特性の設計用資料化が行われてきたが、その大部分が従来の昼光率算定図表と同様にブラインド窓面と室内測定点との位置関係から水平面での昼光照度を算定するという方法を用いており、最近のコンピューター導入による昼光照明設計法には馴染みにくい。

本研究では、従来の研究における以上のような問題点を踏まえた上で、各々の問題点を解決するという方向で直射日光をも含む昼光照明設計に関する一連の研究を行う。

引用文献

- 1) CIE Proc., Vol.2 1955
- 2) CIE Publ., No.22 1973
- 3) 伊藤克三・大野治代：天空輝度の設計用標準化に関する研究、日本建築学会論文報告集、Vol.215 pp.51~58 1974
- 4) 伊藤克三・大野治代：天空輝度の地域別設計用標準値に関する研究、日本建築学会論文報告集、Vol.229 pp. ~ 1975
- 5) 中村洋・林豊・岩田朋子：昼光率の予測に関する研究 昼間天空の輝度分布、日本建築学会東海支部研究報告集計画系、pp.201~204 1983
- 6) 中村洋・林豊・岩田朋子：昼間天空の数式化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集D 環境工学、pp.471~472 1985
- 7) 中村洋・沖允人・岩田朋子・鈴木有紀彦：Mean Skyの構成とその計算のための諸式、日本建築学会大会学術講演梗概集D 環境工学、pp.463~464 1987

- 8)伊藤克三・佐藤隆二・大野治代・清見敏郎：昼光照明設計における直射日光の取扱い方について、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、pp.37~40
1981
- 9)伊藤克三・大月容子：太陽直射光の強さの変動実態、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp.247~248 1983
- 10)檜崎正也・大野治代・佐藤隆二・黒田和夫：全昼光を対象とする昼光照明設計に関する研究 その1. 設計手法の基本的な考え方と年間の就業時間帯における昼光の実態、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、pp.117~180
1984
- 11)佐藤隆二・大野治代・檜崎正也：全昼光を対象とする昼光照明設計に関する研究 その3. ベネチアンブラインドを使用する室内での年間にわたる照度の予測、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、pp.121~124 1985
- 12)大野治代・伊藤克三・佐藤隆二：地物反射光の昼光照明設計用資料の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp.5~6 1982
- 13)大野治代・佐藤隆二・檜崎正也：地物反射光の設計用資料に関する検討、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、Vol.23 pp.13~16 1983
- 14)伊藤克三・佐藤隆二・大野治代・清見敏郎：直射日光を受けるベネチアンブラインド窓面の透過指向特性（配光）に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、pp.117~120 1976
- 15)佐藤隆二・大野治代・伊藤克三：ベネチアンブラインド窓面の透過指向特性と作業面照度算定図表、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp.205~206 1981
- 16)松浦邦男・田中久富：ベネチアンブラインドの羽根面照度と透過率、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、pp.45~48 1981
- 17)松浦邦男・金曾瑞・田中久富：直射日光をうけるベネチアンブラインドによる室内照度の実験的研究（その1）実験の概要と室内照度分布の性状、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp.201~202 1981
- 18)松浦邦男・金曾瑞：直射日光をうけるベネチアンブラインドによる室内照度の実験的研究（その2）プロフィール角と室内直接照度との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp.203~204 1981

- 19)松浦邦男・金曾瑞・田中久富：ベネチアンブラインドによる室内照度計算法
その1. 拡散光を受ける場合、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.359
pp.10~16 1986
- 20)松浦邦男・金曾瑞・田中久富：ベネチアンブラインドによる室内照度計算法
その2. 直射日光を受ける場合、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.362
pp.19~25 1986
- 21)中根芳一・土井正・横田圭：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによ
る昼光照明設計法、日本建築学会環境工学論文集、Vol.5 pp.89~94 1983

1.3. 本論文の構成

本研究は、室内の昼光照明環境の向上を目指して、直射日光を含む昼光照明設計法に関する一連の研究を行うものである。

以下に、本論文の構成を示す。

1. 序

主として本研究の目的と従来の研究の流れについて述べると共に、本研究の意義を示す。

2. 昼光光源の設計用資料化

水平面における全昼光照度、および天空光照度の実測結果を基に、同時出現性を考慮した、直射日光照度と天空光照度の設計用資料化を試みる。

さらに、直射日光、天空光に続く、第三の昼光光源である地物反射光に関して、実測結果を基に地物表面の反射率の設計用資料化を試みる。

3. 住宅における昼光環境予測

都市住宅の外部環境調査結果を基に、昼光照明設計法における住宅外部環境の予測方法について検討する。

さらに、この住宅外部環境調査結果に基づいて昼光率算定のための住宅外部環境のモデル化を試みると共に、その妥当性について検討する。

4. 窓装備の設計用資料化

直射日光を含む昼光照明設計時に、直射日光を遮蔽する装置として光拡散性固定型ブラインドを窓に装備した場合の室内作業面照度分布の算定を行うと共に、実測結果に基づいて光拡散性固定型ブラインドによる室内作業面照度算定法の検討を行う。

さらに、近年のコンピュータ導入に基づく昼光照明設計作業に寄与すべく、光拡散性固定型ブラインドの透過指向特性の数式化を行う。

5. 結論

本研究全体を通しての結論を述べる。

2. 昼光光源の設計用資料化

2.1. 同時出現頻度に基づく直射日光照度と天空光照度

2.1.1. 緒言

直射日光は、季節、天候等に伴う変動が著しく、かつ指向性をもった極めて高輝度な光源であるため、室内への直接入射は視作業上好ましくないといえる。そこで、従来の昼光照明設計法においては、直射日光を排除し、比較的変動の少ない天空光のみを対象光源としてきた。

しかしながら、直射日光を排除することは、直射日光の高い光エネルギーを無視することであり、エネルギーの有効利用の観点から不合理であるとの判断を下さずにはいられない。それゆえ、なんらかの窓装備を工夫して、直射日光を昼光照明用光源として変換し、有効利用することが望ましいと考えられる。

そこで中根ら¹⁾は、直射日光の室内への直接入射を防ぎ、直射日光を実用上十分な拡散光源に変換することのできる、光拡散性固定型ブラインドの開発を行うと共に、直射日光、天空光、地物反射光各々による、光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数（室内測定点よりのブラインド鉛直面の輝度(cd/m^2)/ブラインド外側面での昼光照度(lx))を求めて、光拡散性固定型ブラインドによる直射日光をも含む昼光照明設計法を提案した。さらに中根ら²⁾は、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備した場合の室内作業面昼光照度の実測値と、計算値とが概ね一致することを述べ、先述の光拡散性固定型ブラインドによる昼光照明設計法の妥当性を示した。

ところが、昼光光源の成分別に光拡散性固定型ブラインドの光学特性（透過指向特性）が明らかになった今、光拡散性固定型ブラインドを初めとする、ブラインド鉛直面に入射する昼光光源に関しては、実用上十分な精度で昼光照明設計用資料として提示されているとはいえない。特に、直射日光については、出現状況が明らかにされておらず、さらに、天空光との同時出現性や、実用上必要とされる鉛直面での出現照度についても明かではない。

そこで本研究では、屋外における水平面全昼光照度、および水平面天空光照度の長期測定結果から、直射日光と天空光の同時出現性を考慮して、屋外での鉛直面直射日光照度、および鉛直面天空光照度を算出すると共に、窓ガラス透過後のブラインド外側面（室内側を内側面とする）での鉛直面昼光照度を算出

し、昼光照明設計用資料としての考察を行うものである。

2.1.2. 水平面昼光照度の測定

昼光の出現実態は、季節や天候によって支配され変化するが、昼光照明設計時に重要なのは、昼光の出現実態の変化、推移ではなく、昼光照度の出現頻度であると考えられる。よって、非常に特異な気象状況下における測定結果を除けば、ある特定の1年間の実測結果をそのまま設計用の標準値としても差し支えないと考えられる。

そこで、1984年6月21日から1985年6月20日までの1年間に、周辺地物の影響を受けにくい大阪市立大学生活科学部の学舎屋上のペントハウス上に於て、水平面全昼光照度、および水平面天空光照度を同時測定し、9:00~17:00の就業時間帯について、10分間隔に測定値を抽出する。

次に、水平面直射日光照度(E_{DH})を、測定を行った水平面全昼光照度(E_{GH})から水平面天空光照度(E_{dH})を減じて(2.1.1)式により算定する。

$$E_{DH} = E_{GH} - E_{dH} \quad (2.1.1)$$

ここに、 E_{DH} : 水平面直射日光照度(lx)

E_{GH} : 水平面全昼光照度(lx)

E_{dH} : 水平面天空光照度(lx)

2.1.3. 鉛直面昼光照度の算定方法

2.1.3.1. 屋外での鉛直面昼光照度

測定を行った水平面全昼光照度、および水平面天空光照度より、(2.1.1)式を用いて求めた水平面直射日光照度に基づいて、北、南、東、西の4方位の屋外鉛直面昼光照度を算定する。

北、南、東、西の4方位の屋外の鉛直面直射日光照度(E_{DUN})は、そのときの太陽高度(h)、および太陽方位角(ϕ)を(2.1.2)式~(2.1.5)式に代入して、鉛直面の方位別に算定する。ただし、太陽高度(h)については、水平面を 0° として上方に $0^\circ < h < +90^\circ$ 、太陽方位角(ϕ)については、真南を 0° として午前中を $-180^\circ < \phi \leq 0^\circ$ 、午後を $0^\circ \leq \phi < +180^\circ$ の範囲とする。

$$E_{DUN} = - (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \cos \phi \quad (2.1.2)$$

$$E_{DUS} = (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \cos \phi \quad (2.1.3)$$

$$E_{DUE} = - (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \cos \phi \quad (2.1.4)$$

$$E_{DUW} = (E_{DH} / \sin h) \cdot \cos h \cdot \cos \phi \quad (2.1.5)$$

ここに、 E_{DUN} ：北向き鉛直面の直射日光照度(lx)

E_{DH} ：水平面直射日光照度(lx)

h ：太陽高度(°)

ϕ ：太陽方位角(°)

E_{DUS} ：南向き鉛直面の直射日光照度(lx)

E_{DUE} ：東向き鉛直面の直射日光照度(lx)

E_{DUW} ：西向き鉛直面の直射日光照度(lx)

次に、屋外の鉛直面天空光照度(E_{dU})については、天空をほぼ均一輝度の拡散光源とみなせることから、(2.1.6)式の通り水平面天空光照度(E_{dH})の1/2として算定する。

$$E_{dU} = E_{dH} / 2 \quad (2.1.6)$$

ここに、 E_{dU} ：鉛直面天空光照度(lx)

E_{dH} ：水平面天空光照度(lx)

2.1.3.2. 窓ガラス透過後の鉛直面昼光照度

窓面に、直射日光を含む昼光が入射する場合、通常は窓面にはめ込まれた透明ガラスを透過した後、光拡散性固定型ブラインド等の窓装備の鉛直面上に達する。すなわち、直射日光をも含む昼光照明設計用資料としては、窓ガラス透過後のブラインド外側面での、昼光照度の出現実態を捉えておく必要があり、窓ガラス透過後の鉛直面昼光照度は、屋外での鉛直面昼光照度に、指向性のある直射日光と、拡散性の天空光に対する、各々の窓ガラスの光透過率を乗じて算定しなければならない。

窓ガラスの光透過率については、松浦が示した³⁾透明板ガラスの透過率と入射角との関係を基に、筆者らが入射角を入射光のプロフィール角(ph)に変えて回帰式を求め、窓ガラス透過後の鉛直面昼光照度算定に用いる。図2.1.1に透過率とプロフィール角の関係を示し、(2.1.7)式に回帰式を示す。ただし、入射光のプロフィール角(ph)は(2.1.8)式により算定し、入射高度(h_0)については水平面を0°として、上方に0° < h_0 < +90°、入射高度(ϕ_0)については、窓面の正面を0°として左右に-180° < ϕ_0 ≤ +180°の範囲とする

$$\tau_D = (92.105 - 0.00649ph - 0.00374ph^2 + 0.000234ph^3 - 0.00000354ph^4)$$

$$\tau_d / 100 \quad (2.1.7)$$

$$ph = \tan^{-1} (\tan h / \cos \phi) \quad (2.1.8)$$

ここに、 τ_d : 透明板ガラスの直射日光に対する透過率

ph : 入射光のプロファイル角

h_0 : 入射高度

ϕ_0 : 入射方位角

また、天空光に対する透明板ガラスの透過率(τ_s)は、松浦の測定結果³⁾より

$$\tau_s = 0.83 \quad (2.1.9)$$

を採用する。

ここに、 τ_s : 透明板ガラスの天空光に対する透過率

以上の結果より、窓ガラス透過後の鉛直面昼光照度は、屋外での鉛直面昼光照度に、昼光の成分別にこれらの透過率を乗じて算定する。

2.1.4. 結果および考察

2.1.4.1. 屋外での鉛直面全昼光照度の出現頻度

就業時間帯における、屋外での鉛直面全昼光照度の累積頻度分布を求め、同一の相対頻度数(80%、60%、40%、20%)を与える照度を滑らかな曲線で結んだものを図2.1.2に示す。これは、1980年～1981年の就業時間帯における、檜崎らの測定結果⁴⁾(大阪大学における)とほぼ一致しており、ある特定の1年間の昼光照度の出現頻度が、他の異なる期間を対象とした場合の出現頻度と差がないことを表していると考えられる。すなわち、本研究において、特定の1年間の測定結果を対象として、昼光照明設計用標準値を求めても、実用上十分に利用できることを示すものと考えられる。

2.1.4.2. 屋外での鉛直面直射日光照度と鉛直面天空光照度の同時出現頻度

屋外の鉛直面直射日光照度と、鉛直面天空光照度の同時出現頻度を図2.1.3～図2.1.5に示す。図中の記号A～Lのアルファベットは、対数軸で等間隔になるように分けた、表2.1.1の照度範囲を表す。また、同時出現の頻度は、ドットの直径の大きさによって表し、最も小さいドットを1%とする。

以上の結果より、屋外の鉛直面直射日光照度と、鉛直面天空光照度が同時に出現する頻度の最も高い組合せは、明らかにドットの直径が最も大きい部分の代表照度レベルを読み取った結果、南面、東面、西面とも、鉛直面の向きに関

係なく、鉛直面直射日光照度32000lx、鉛直面天空光照度16000lxであることがわかる。

すなわち、屋外の鉛直面での直射日光照度、および天空光照度の、昼光照明設計用標準値としては、方位に関係なく、明かに同時出現頻度が最も高いこれらの値を推奨する。

2.1.4.3. 窓ガラス透過後の鉛直面直射日光照度と鉛直面天空光照度の同時出現頻度

窓ガラス透過後の鉛直面直射日光照度と、鉛直面天空光照度の同時出現頻度を図2.1.6～図2.1.8に示す。図中の記号、およびドットは、先述の表2.1.1の照度範囲、および、最も小さいドットを1%とした場合の同時出現の頻度を表す。

以上の結果より、窓ガラス透過後の、鉛直面直射日光照度と、鉛直面天空光照度が同時に出現する頻度の最も高い照度レベルの組合せは、代表照度レベルで表すと、南面では、鉛直面直射日光照度16000lx、鉛直面天空光照度16000lxである。この場合の鉛直面直射日光照度は、屋外の鉛直面照度と比較して、直射日光による照度が1/2に減少していることがわかる。これは、南面に入射する直射日光のプロファイル角が、他方位に入射する直射日光のプロファイル角に比べて高度であることに起因しており、それによって、窓ガラスの光透過率が減少したためであると考えられる。

また、東面、および西面では、同時に出現する頻度の最も高い照度レベルの組合せは、鉛直面直射日光照度32000lx、鉛直面天空光照度16000lxで、屋外の同時出現頻度に基づく代表照度レベルと等しいといえる。しかし、実際には、窓ガラス透過後の鉛直面直射日光照度は、屋外での鉛直面直射日光照度に比べてばらつきが大きく、昼光照明設計用標準値としてこれらの値を用いる場合には、同時出現の頻度のばらつきを考慮した上で用いるべきであると考えられる。

2.1.5. まとめ

従来の均一輝度天空や、CIE標準曇天空などの、天空光成分のみを対象とした昼光照明設計法では、取扱いの困難な直射日光を排除することから、直射日光の実態を捉えた設計用の昼光資料は未整備であった。だが、光拡散性固定型ブラインドの開発により、直射日光を昼光光源として有効利用することが可能となり、直射日光に関する昼光データの設計用資料化が望まれた。

本研究では、1年間に亙る水平面での昼光照度の実測結果から、直射日光照度、および天空光照度の同時出現性を考慮して、屋外、および窓ガラス透過後の、鉛直面直射日光照度と鉛直面天空光照度を求め、昼光照明設計用資料として示し考察を加えた。

引用文献

- 1)中根芳一・土井正・横田圭：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによる昼光利用照明設計法、日本建築学会環境工学論文集、No.5 pp89~94 1983
- 2)中根芳一・土井正・横田圭：昼光利用照明設計のための基礎研究(その1)ベネチアンブラインドの透過指向特性について、大阪市立大学生生活科学部紀要、Vol.30 pp175~180 1982
- 3)松浦邦男：「建築環境工学 I」、朝倉書店、pp64 1974
- 4)檜崎正也・佐藤隆二・大野治代・黒田和夫：全昼光を対象とする昼光照明設計に関する研究 その1 設計手法の基本的な考え方と年間の就業時間帯における昼光の実態、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、Vol.24 pp177~180 1984

表2.1.1 照度範囲記号表

記号	照度範囲 (lx)	代表照度レベル (lx)
A	$X = 0$	0
B	$0 < X < 100$	60
C	$100 \leq X < 200$	125
D	$200 \leq X < 400$	250
E	$400 \leq X < 800$	500
F	$800 \leq X < 1600$	1000
G	$1600 \leq X < 3200$	2000
H	$3200 \leq X < 6300$	4000
I	$6300 \leq X < 12500$	8000
J	$12500 \leq X < 25000$	16000
K	$25000 \leq X < 50000$	32000
L	$50000 \leq X < 100000$	63000

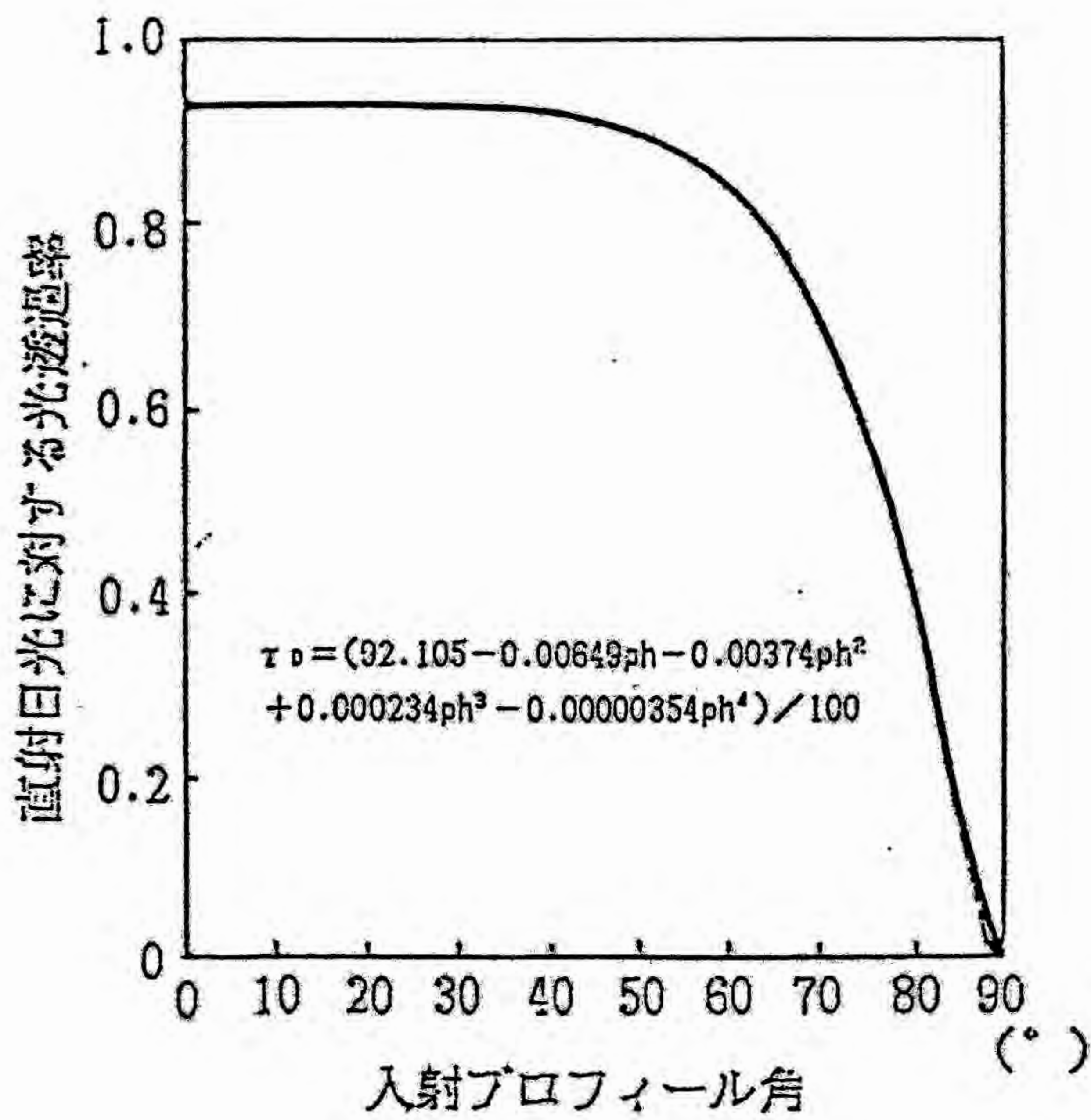


図2.1.1 透明板ガラスの光透過特性(松浦による理論値)³⁾

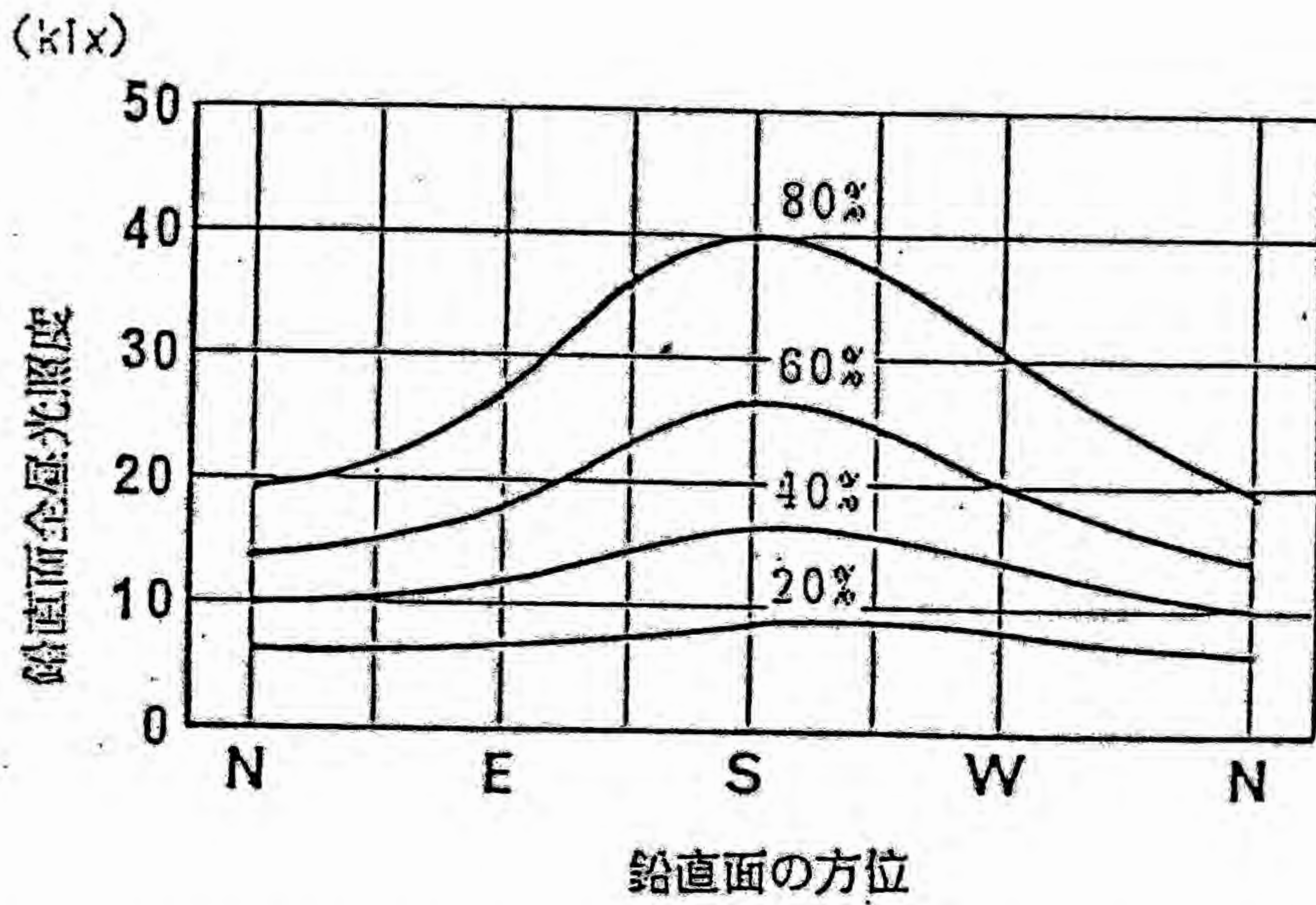


図 2.1.2 鉛直面の方位と全昼光照度の累積相対頻度との関係 (就業時間帯)

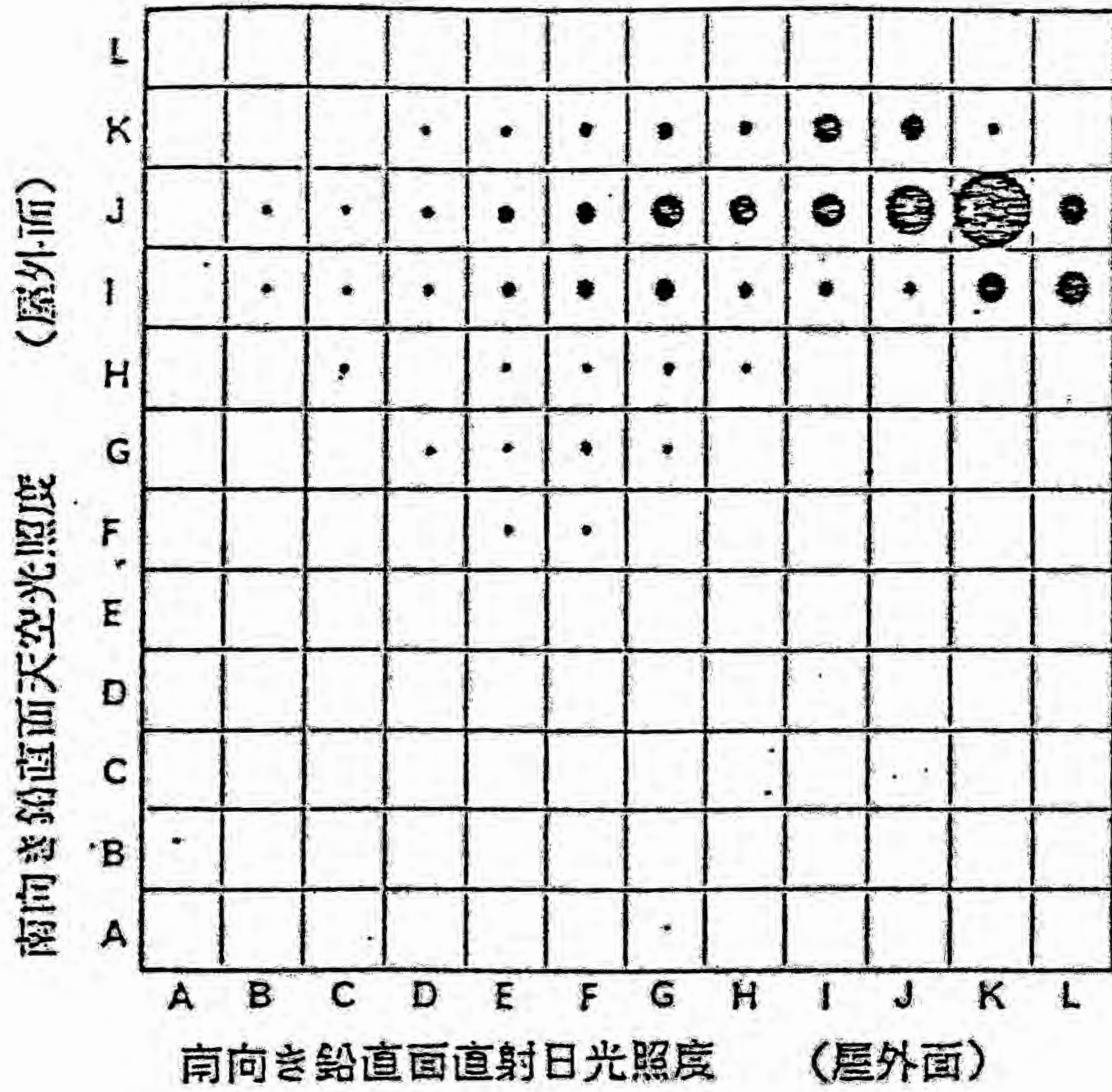


図2.1.3

南向き鉛直面の天空光照度と直射日光照度の同時出現頻度
(屋外面)

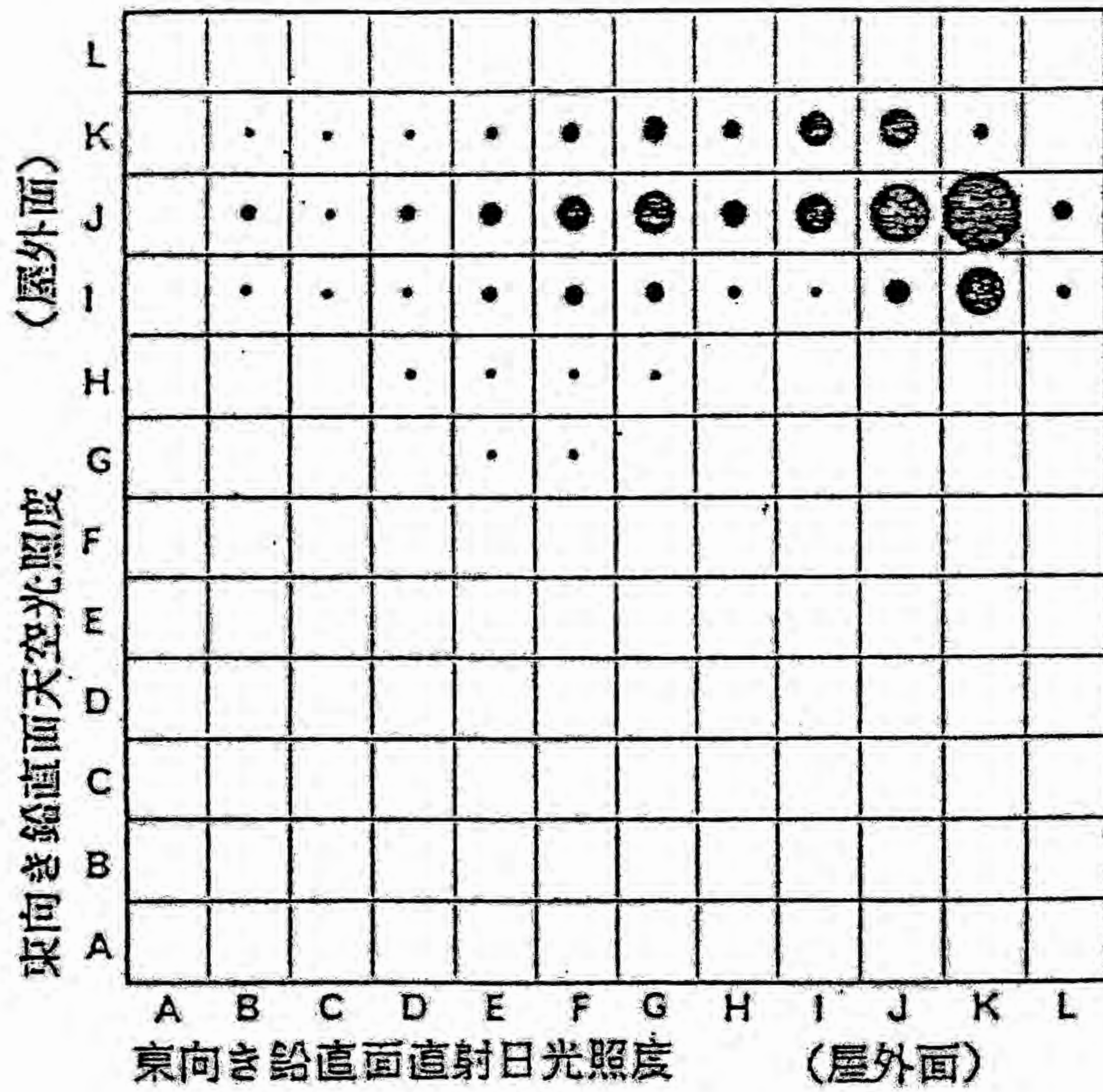


図2.1.4 東向き鉛直面の天空光照度と直射日光照度の同時出現頻度 (屋外面)

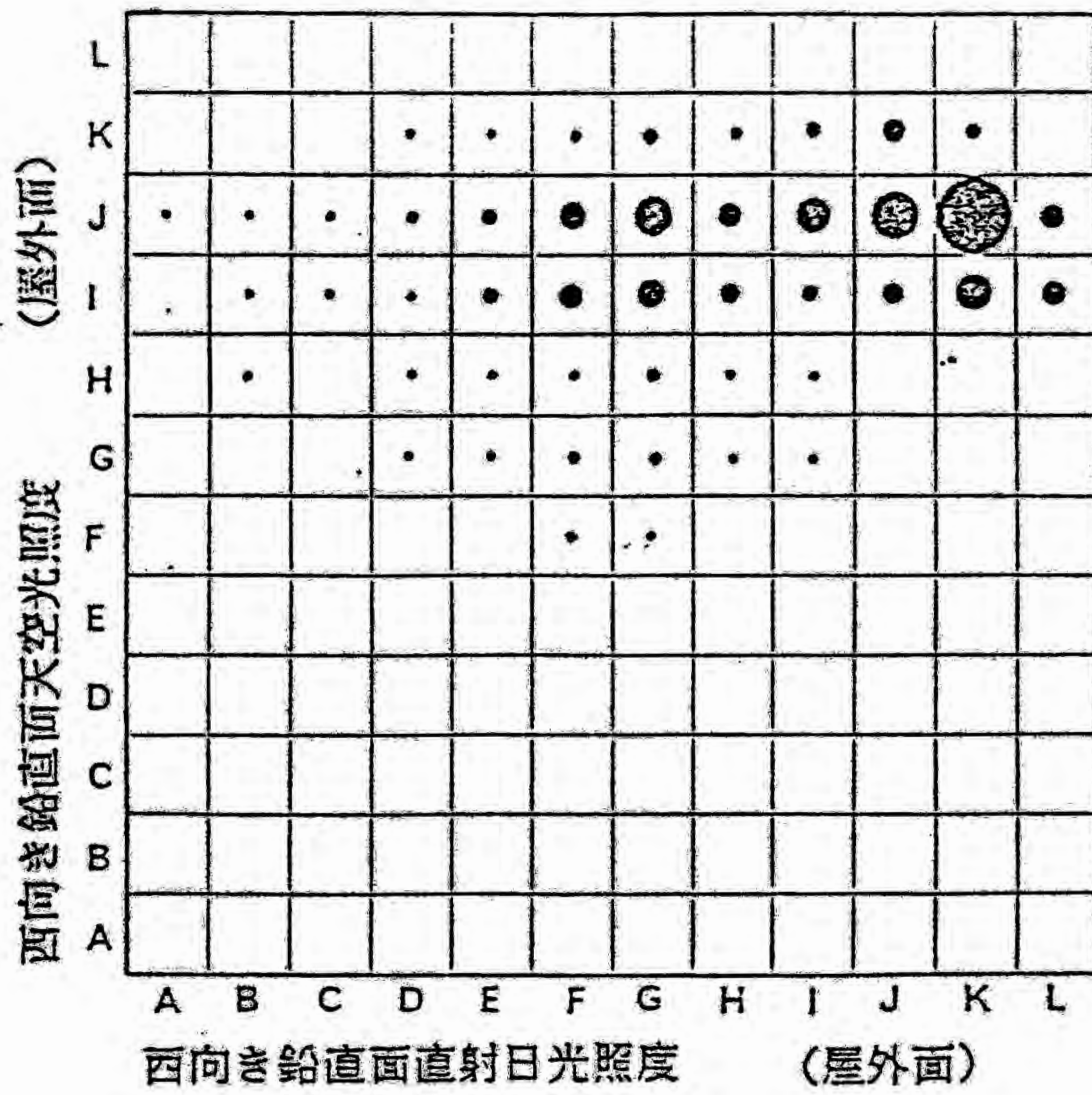


図2.1.5 西向き鉛直面の天空光照度と直射日光照度の同時出現頻度 (屋外面)

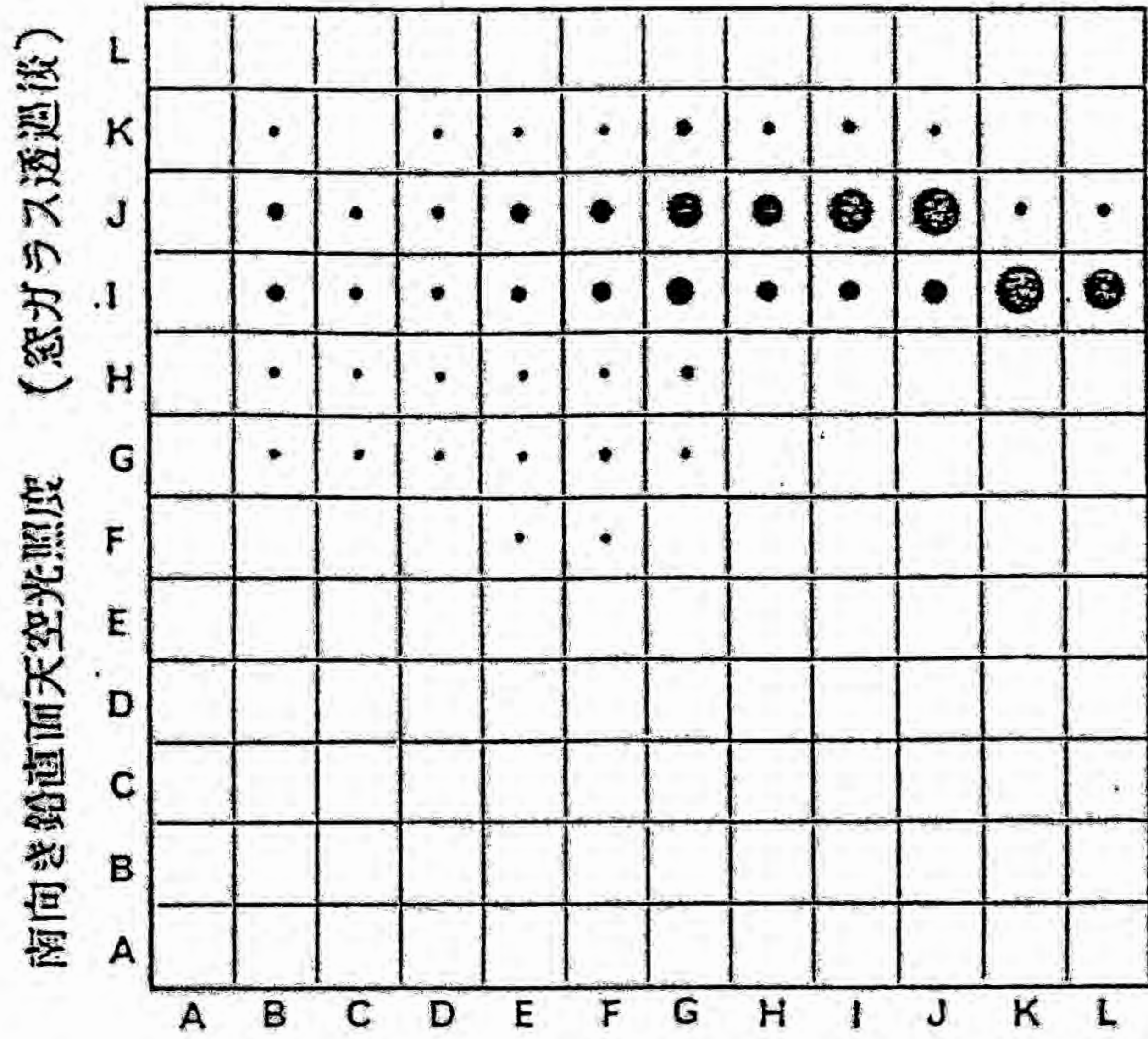


図2.1.6 南向き鉛直面直射日光照度 (窓ガラス透過後)

南向き鉛直面の天空光照度と直射日光照度の同時出現頻度
(窓ガラス透過後)

東向き鉛直面天空光照度 (窓ガラス透過後)

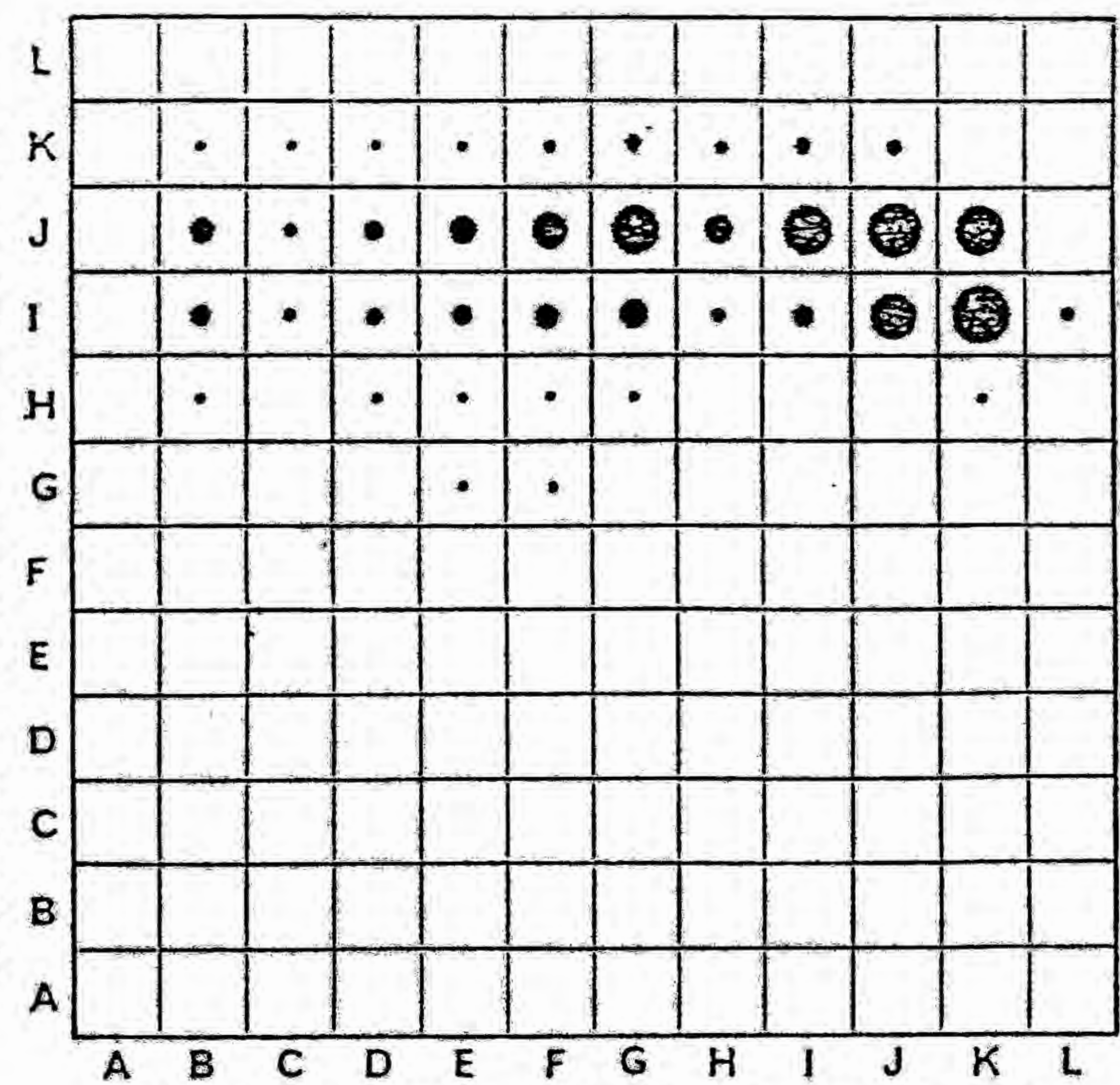


図2.1.7

東向き鉛直面直射日光照度 (窓ガラス透過後)

東向き鉛直面の天空光照度と直射日光照度の同時出現頻度
(窓ガラス透過後)

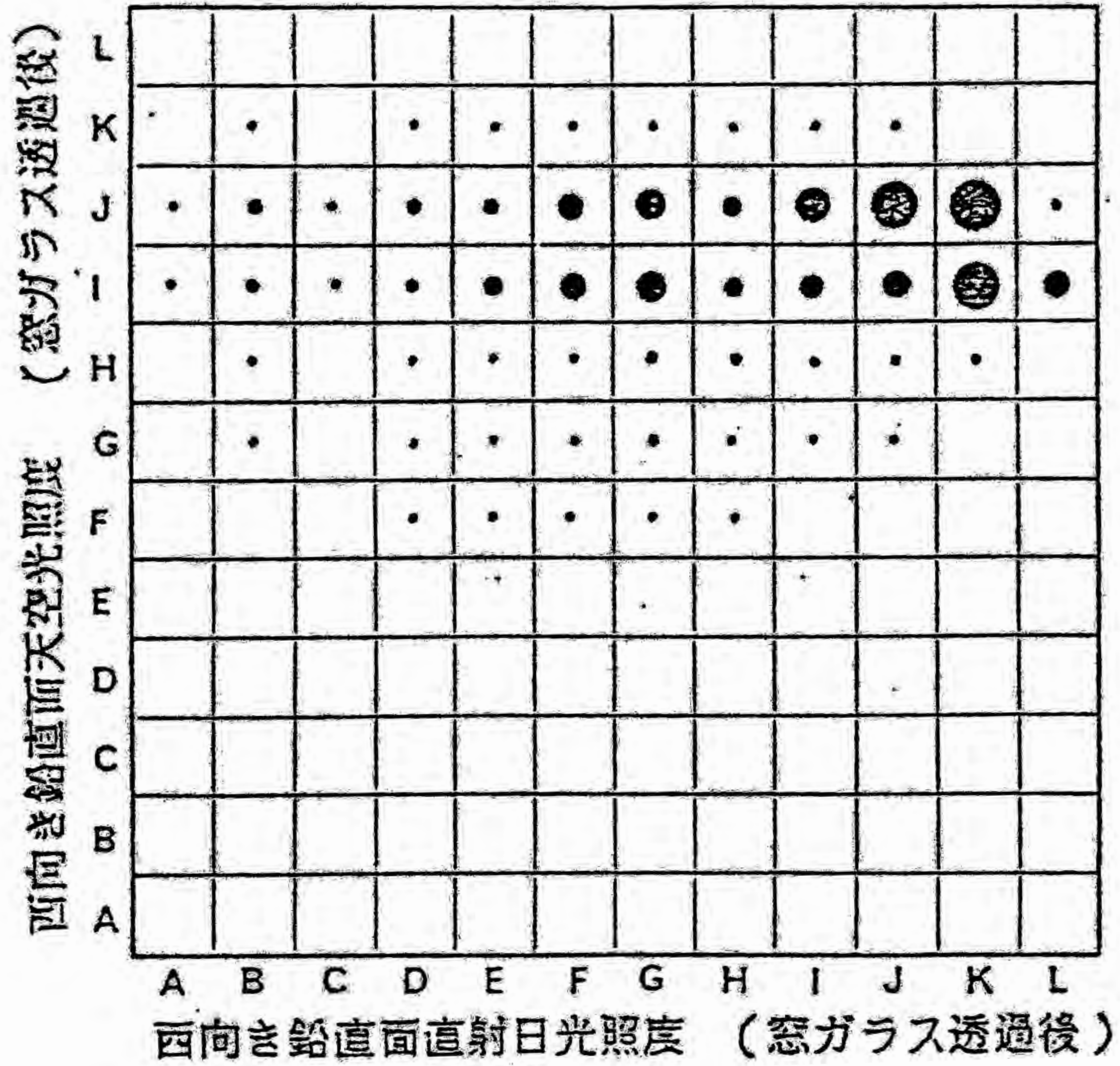


図2.1.8

西向き鉛直面の天空日照度と直射日照度の同時出現頻度
(窓ガラス透過後)

2.2. 地物表面の反射率

2.2.1. 緒言

室内の照明環境に影響を及ぼす昼光については、直射日光、天空光、地物反射光の三者に大別することができる。筆者ら¹⁾²⁾³⁾は、直射日光と天空光の同時出現性を考慮して、屋外鉛直面、およびガラス窓透過後の鉛直面昼光照度の設計用標準値を示した。しかし、対象とする窓面での昼光の出現状況は、季節、時刻、天候等の自然環境に影響されるのみならず、周辺の建築物、樹木等の人為的外部環境に多大な影響を受け、ある部分遮蔽されたり、複雑に反射されたりした後、窓面に入射する。特に、周辺の地物に反射した後窓面に入射する地物反射光については、地物面の反射性状に基づいてその照度レベルが決定される。

大野ら⁴⁾は、昼光照明設計上、地物をほぼ均等拡散面（注1）とみなせるとして、任意に選定した試料について、実測結果に基づいて地物反射率の設計用標準値を示した。ただし大野らの測定結果は、実験者が任意に選定した試料のみに基づくものであると思われ、さらに、入射光の条件としては、実際の直射日光に基づくものではない。

そこで本研究では、筆者らの、住宅における昼光照明設計に寄与する資料収成の立場から、大野らの測定結果³⁾を踏まえて、地物面を均等拡散面と見なし、まず、筆者の住宅における測定結果を例として、周辺の地物に影響され、直射日光、および天空光と、種々の方向からの地物反射光が入射する、実際の住宅外部環境における地物面の反射特性を求める。さらに、現状の住宅外部環境を構成する地物の反射率を大量に測定して、昼光照明設計のための設計用標準値を示す。

2.2.2. 測定概要

測定は、A・B 2種類の方法で行う。測定Aは、地物を均等拡散面と見なし、実際の住宅外部環境例において、時々刻々変動する地物面の受照昼光照度、および、地物面の輝度（一定方向からの測定結果に基づく）を同時測定し、地物面の光学的反射特性を考察する。また、地物面の受照昼光照度の変動と、伊藤らによる⁵⁾直射日光照度の日変化と比較して、各地物が面する方角との関係を

考察する。

測定Bは、実際の住宅外部環境を構成する地物の反射率データの蓄積結果から、住宅外部環境を構成する地物の、昼光照明設計のための設計用標準値を求めるものである。

2.2.3. 測定Aについて

2.2.3.1. 測定方法

実際に存在する住宅のモデルとして、筆者の住宅（住居地域 北緯 $34^{\circ}45'13''$ 、東経 $134^{\circ}47'30''$ ）をとりあげ、昭和62年8月14日の6時～18時まで1時間毎に、外部環境に存在する地物の受照昼光照度、および地物面の輝度を同時測定した。

測定点の概略図を図2.2.1に、各地物の種類、および特徴を表2.2.1に示す。尚、測定にはミノルタデジタル照度計T-1、及びミノルタルミナンスメーター（視角 $1/3^{\circ}$ ）を用いた。地物面の輝度の測定については、住宅の一階窓面への地物反射光を想定して、図2.2.2に示すように、各地物毎に地上1.5mの高さから、直射日光の入射角の変動を追従することなく、各々の地物について、一定の方向から地物面の輝度の測定を行った。

尚、当日の天候状態は一日中雲量0の快晴であった。

2.2.3.2. 測定結果および考察

北緯 35° の太陽位置図より求めた8月14日の太陽高度と方位角を図2.2.3に示す。方位角は真南を0とし、東へ（-）、西へ（+）で表している。

図2.2.4～図2.2.9に、建物I（①、②）、建物II（③、④、⑤）、ブロック塀（⑥、⑦）、樹木（⑧、⑨）、アスファルト路面（⑩）、コンクリート地面（⑪、⑫）、土（⑬）、芝生（⑭）の各地物の受照昼光照度を示す。ただし、実際は測定を一通り行うのに20分程度の時間を要したが、測定の目的は、地物の受照昼光照度、及び地物の輝度の絶対値を求めることではなく、双方の変動幅、および地物の反射特性を明かにすることが重要であるので、地物の受照昼光照度、および地物の輝度の測定時刻は一通りの測定を開始した時刻で代表させた。

図2.2.4、および図2.2.5に示した建物I（①東、②北）、および建物II（③西、④南、⑤北）の受照昼光照度の日変化は、図2.2.10に示す、各方位の鉛直

面直射日光照度の日変化と概ね類似しており、建物Ⅰ、および建物Ⅱが鉛直面をもつ地物であることを表していると考えられる。

図2.2.6、および図2.2.7のブロック塀(⑥東、⑦西)と、樹木(⑧東、⑨北)の受照昼光照度についても、図2.2.10に示した各方位の鉛直面直射日光照度の日変化と概ね類似しており、ブロック塀、および樹木が鉛直面を持つ地物であることを表していると考えられる。ただし、図2.2.10に示した直射日光照度の日変化と比較して、急激な照度レベルの変動が生じているのは、自家の建物等を含む住宅周辺環境により、直射日光の出現状況が変化したことの影響によると考えられる。

図2.2.8～図2.2.9のアスファルト路面(⑩)、コンクリート地面(⑪、⑫)、土(⑬)、芝生(⑭)についても、周辺建物の影響を無視した結果推定される受照昼光照度の日変化が、図2.2.11に示した水平面直射日光照度の日変化と概ね類似しており、アスファルト路面、コンクリート地面、土、芝生が水平面をもつ地物であることを表していると考えられる。

以上の結果、住宅の外部環境を構成する地物は、窓面で考える場合大まかに建物(塀を含まない)、塀、樹木等の鉛直面を有するものと、アスファルト路面、コンクリート地面、土、芝生等の水平面を有するものとに分類できることが明らかになった。

地物面の昼光照度の変動要因については、他にも大気条件、天候条件、地物間の相互反射等が考えられるが、本研究においては、窓面昼光照度の変動に特に影響を及ぼす太陽の位置、地物面の向き、および、直射日光を遮る周辺地物についてのみ取り上げてその考察を行った。

次に、①～⑭の地物面の輝度と、受照昼光照度との比(反射特性値という)を求め、直射日光の入射プロファイル角(ph)との関係を図2.2.12～図2.2.17に示す。直射日光の入射プロファイル角(ph)の換算は次式によって求められる。

$$ph = \tan^{-1} (\tan h / \cos \phi) \quad (2.2.1)$$

ここに、h : 太陽高度(°)

φ : 太陽方位角(°)

図2.2.12～図2.2.17より、各地物の反射特性値は、太陽のプロファイル角と関係なくほぼ一定の値を示しており、実状の住宅外部環境での各地物面は、大

野らの測定結果と同様に、ほぼ均等拡散面とみなせることが明らかになった。ただし、樹木の反射特性値についてはややばらつきが大きく、木漏れ日や葉陰による、高輝度部分と低輝度部分の集合である樹木を、視角の小さい(1/3°)輝度計で一部分のみを測定していることに起因すると考えられる。故に、樹木面の輝度の測定については、輝度計の視角を大きくする等の方法で、樹木全体を平均的に測定するか、木漏れ日や葉陰の影響の少ない樹木についてのみ、視角の小さい輝度計を用いても良いと考えられる。

2.2.4. 測定Bについて

2.2.4.1. 測定方法

大阪市立大学周辺の住宅地に於て、建物、樹木、アスファルト路面、コンクリート地面の、受照昼光照度、および、各受照面の輝度を同時測定した。測定は9月2日の午後に行ったもので、測定期間の天候状態は薄曇りであった。大野らの測定結果に加えて、先述の筆者らの測定結果より、地物表面を直射日光の入射角に関係なく、ほぼ均等拡散面と見なせることが明らかになったので、本測定Bにおける、地物面の輝度測定結果は、各地物とも一方向からのみの測定に基づくものである。

測定装置については、測定Aで用いた照度計、および輝度計と同一のものを使用した。

2.2.4.2. 測定結果および考察

測定Aにおいて、住宅外部環境に存在する地物表面がほぼ均等拡散面であることが明らかになったので、地物表面の反射率 ρ_i は次式によって算定できる。

$$\rho_i = \pi \cdot (L_g / E_g) \quad (2.2.2)$$

ここに、 ρ_i : 地物表面の反射率

L_g : 地物面輝度 (cd/m²)

E_g : 地物面昼光照度 (lx)

各地物表面の反射率の累積頻度分布を図2.2.18～図2.2.21に示す。ただし、土、芝生はデータ数が極めて少ないため省略する。

各地物表面の反射率の平均値は、建物 0.4(標準偏差 0.1651)、樹木 0.1(標準偏差 0.0249)、アスファルト 0.1(標準偏差 0.0135)、コンクリート 0.2(標準偏差 0.0504)であった。

2.2.5. 窓面昼光照度の実測値と計算値との関係

測定Bで求めた地物反射率の平均値を用いて、実際の住宅外部環境における窓面昼光照度を算出し、実測値との関係を図2.2.22に示す。窓面昼光照度(E_u)の計算式を下記に示す。

$$E_u = E_{dH} \cdot D_s + E_{GU} \quad (2.2.3)$$

$$E_{GU} = \sum \rho_i \cdot D_i \cdot E_{dH} \quad (2.2.4)$$

ここに、 E_u : 窓面昼光照度 (lx)

E_{dH} : 全天空光照度 (lx)

D_s : 天空の立体角投射率

E_{GU} : 地物反射光照度 (lx)

ρ_i : 地物表面の反射率

D_i : 地物の立体角投射率

さらに、地物または窓面が直射日光を受照している場合には、直射日光による影響を考慮し上式に加算する。窓面の地物反射光照度の計算値については、その二次反射成分迄を加算したもので、計算に用いた地物の反射率を表2.2.2に、昼光照度を表2.2.3に示す。昼光照度については、筆者らの研究結果による¹⁾、9時~17時の就業時間帯の、直射日光、および天空光の同時出現性を考慮した、最頻出現昼光照度レベル値に基づくものである。

図2.2.22からわかるように、窓面昼光照度の実測値と計算値には、高い相関関係(相関係数 0.946)が認められる。この結果、本研究で得られた地物反射率モデル値と、筆者らが推奨した、直射日光、および天空光の同時出現性を考慮して求めた、昼光照明設計用標準値の双方の妥当性が同時に確かめられたと考える。

2.2.6. まとめ

本研究の結果、住宅外部環境を構成する地物は、おおまかに、鉛直面を有するものと、水平面を有するものに分類できることが明らかになった。また、快晴時の、住宅窓面における鉛直面昼光照度は、窓前地物の面する方角、太陽の位置、および周辺地物の在り方に多大な影響を受けることも、本研究の結果、具体例をもとに明らかになった。

また、地物面は直射日光の入射角の影響に関係なくほぼ均等拡散面と見なす

ことができ、実測結果をもとに、住宅の外部に存在する地物の昼光照明用設計用標準値として、建物 0.4、樹木、アスファルト、土、芝生0.1、コンクリート 0.2を求めた。さらに、窓面昼光照度の実測値と計算値の比較によって、本研究において求めた、設計用地物反射率の標準値の妥当性を示した。

注1：ランベルトの余弦法則による完全拡散面とは、入射光をあらゆる方向に均等に反射し、かつ、反射率=1のものを言うが、現実の建築環境下における物体表面には反射率=1のものは存在しない。そこで、ランベルトの余弦法則にしたがって反射率≠1のものについては、日本建築学会光環境部会で、これに変わる言葉として常用的に”均等拡散面”という語彙を用いることを推奨している。

引用文献

- 1)中根芳一・土井正・岩田三千子：昼光照度及び日射量に関する研究（その3）太陽直射日光及び天空光照度の同時性を考慮した出現頻度からの検討、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、PP469～470 1987
- 2)土井正、岩田三千子、中根芳一：昼光利用照明設計のための基礎研究（その7）直射日光および天空光の同時性を考慮した出現頻度に関する研究、大阪市立大学生活科学部紀要、Vol.37 1989（印刷中）
- 3)土井正、岩田三千子、中根芳一：昼光照度の出現実態、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp191～192 1989
- 4)大野治代・佐藤隆二・檜崎正也：地物反射光の設計用資料に関する検討、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、Vol.23 pp13～16 1983
- 5)日本建築学会：「昼光照明の計画、日本建築学会設計計画パンフレット30」、彰国社、1985

表2.2.1 地物の特徴

地物の種類		地物の特徴	
建 物 I	① 東	モルタルリシン吹付塗料仕上	
	② 北	2.5GY8/2 築6年	
建 物 II	③ 西	ミルリルリシン吹付塗料仕上	
	④ 南	7.5Y9/3	
	⑤ 北	築4年	
ブロック塀	⑥ 東	乾燥している N6	
	⑦ 西	乾燥している N8	
樹木	⑧ 東	樟	
	⑨ 北	樟	
アスファルト	⑩	無装道路	
コンクリート	⑪	コテ仕上、乾燥している N8	
	⑫	乾燥している N7	
土	⑬	やや乾燥している	
芝生	⑭	生育がよい	

表2.2.2

地物反射率

地物	反射率
建築物	0.4
樹木	0.1
アスファルト	0.1
コンクリート	0.2
土	0.1
芝生	0.1

表2.2.3

屋光照度

水平面全天空照度		3000lx
水平面直射光照度		5000lx
鉛直面	南	2000lx
	西	1000lx
	東	7000lx

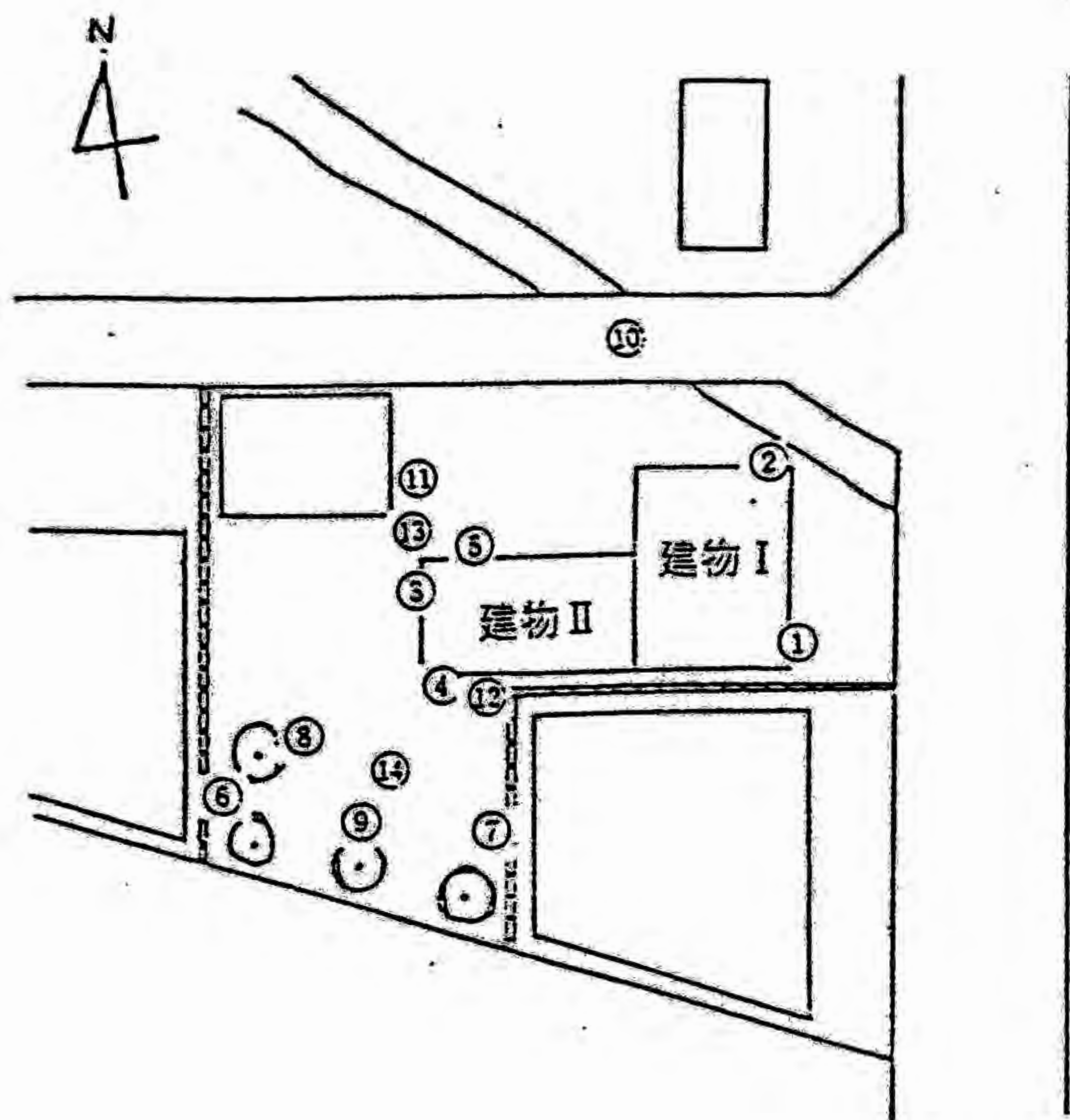


图 2.2.1 测定点 概略图

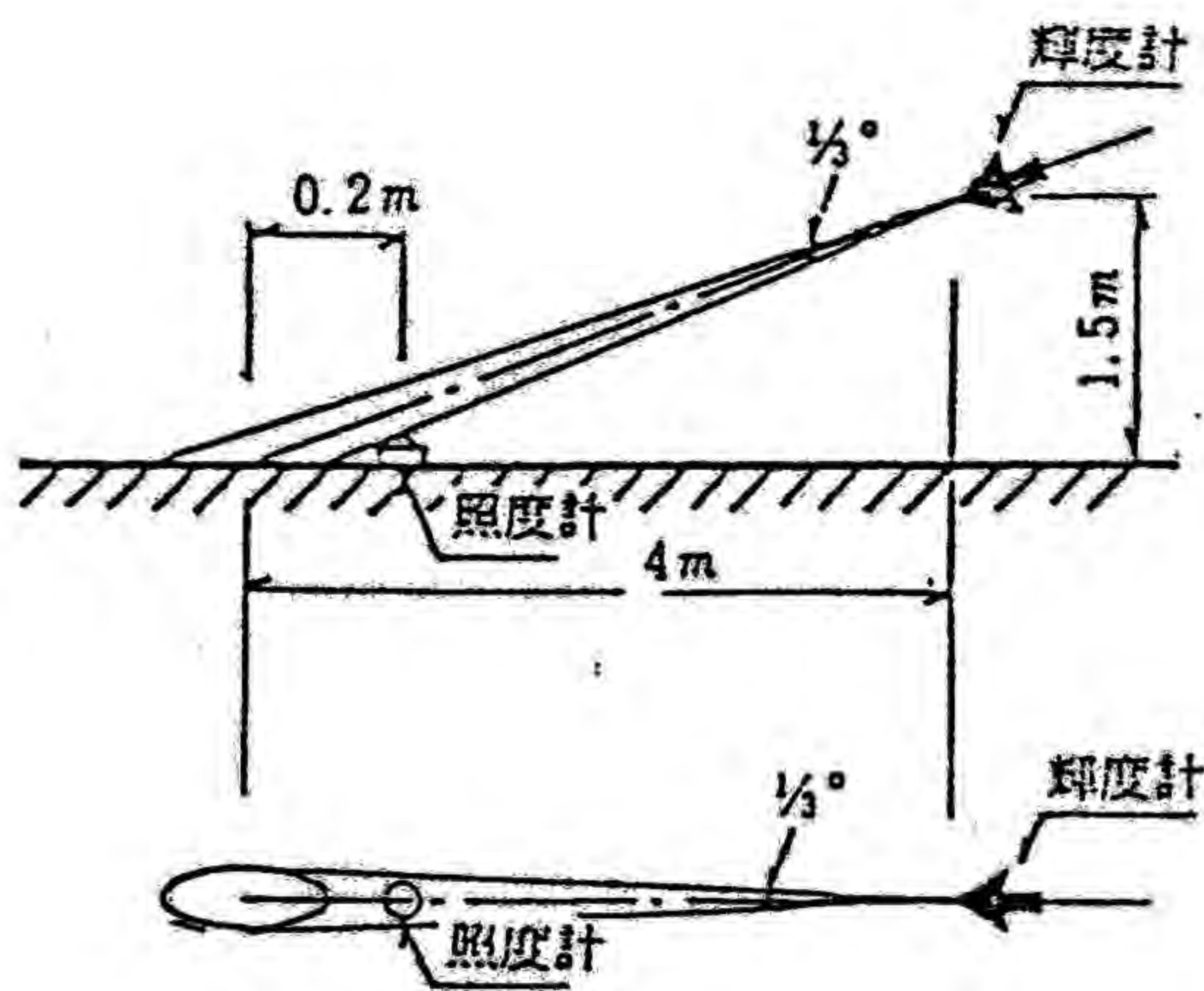
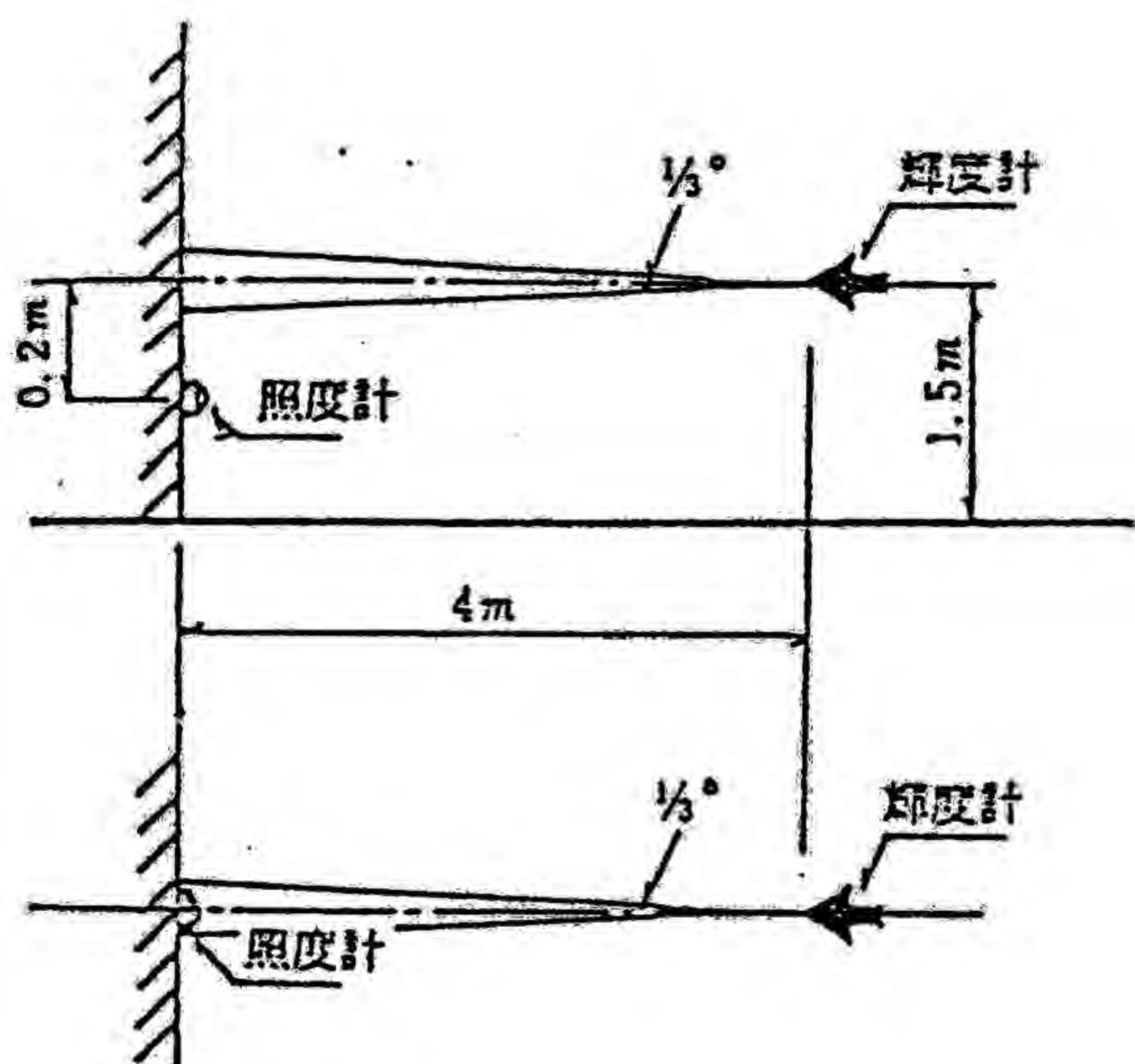


図2.2.2

地物面照度及び輝度の測定方法

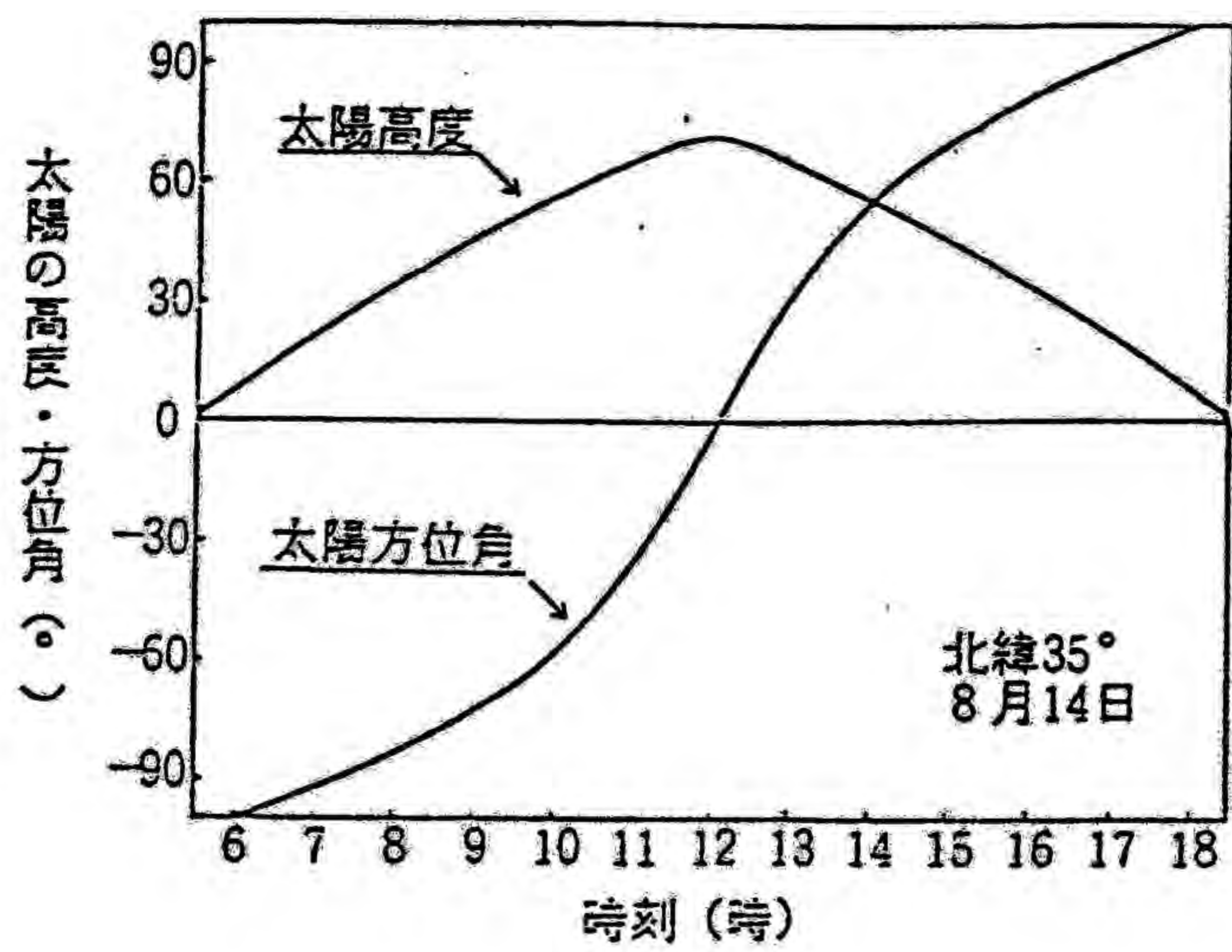


図2.2.3

太陽位置

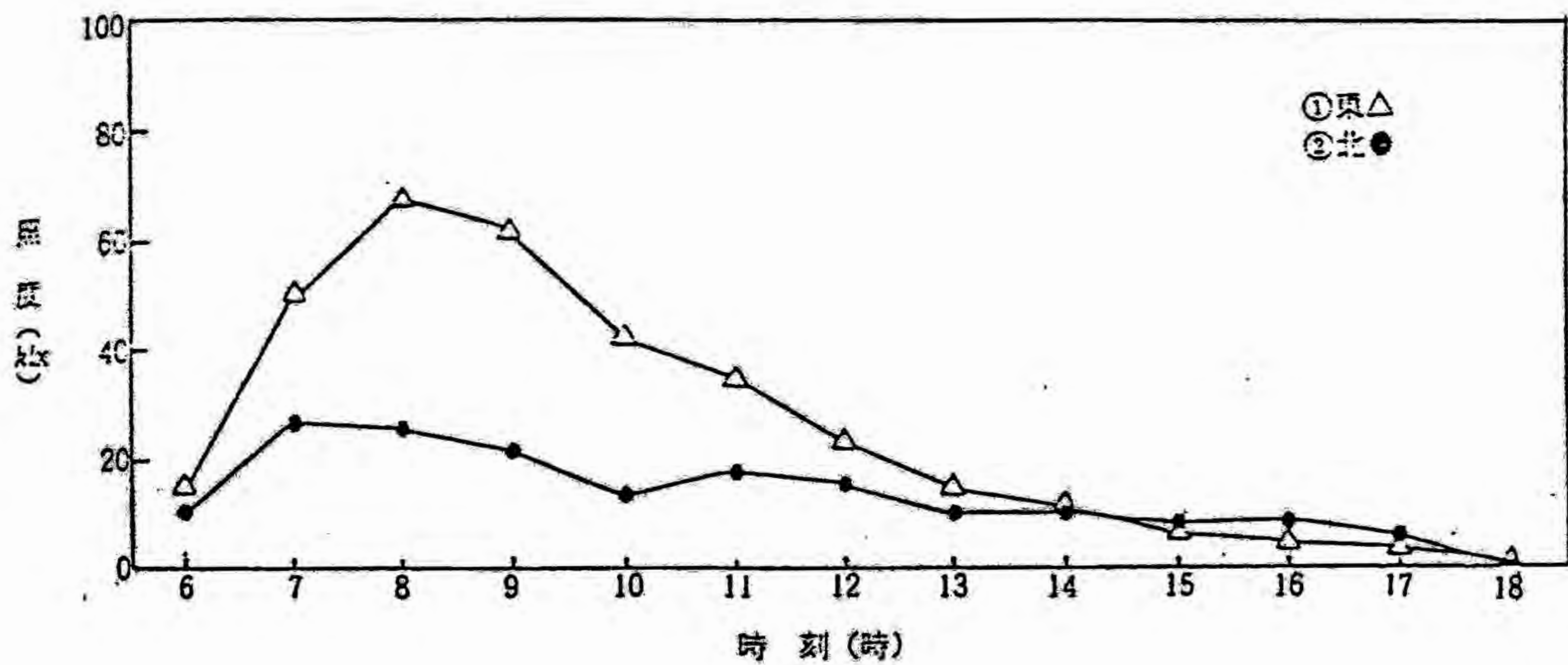


图2.2.4 地物面照度(建物I)

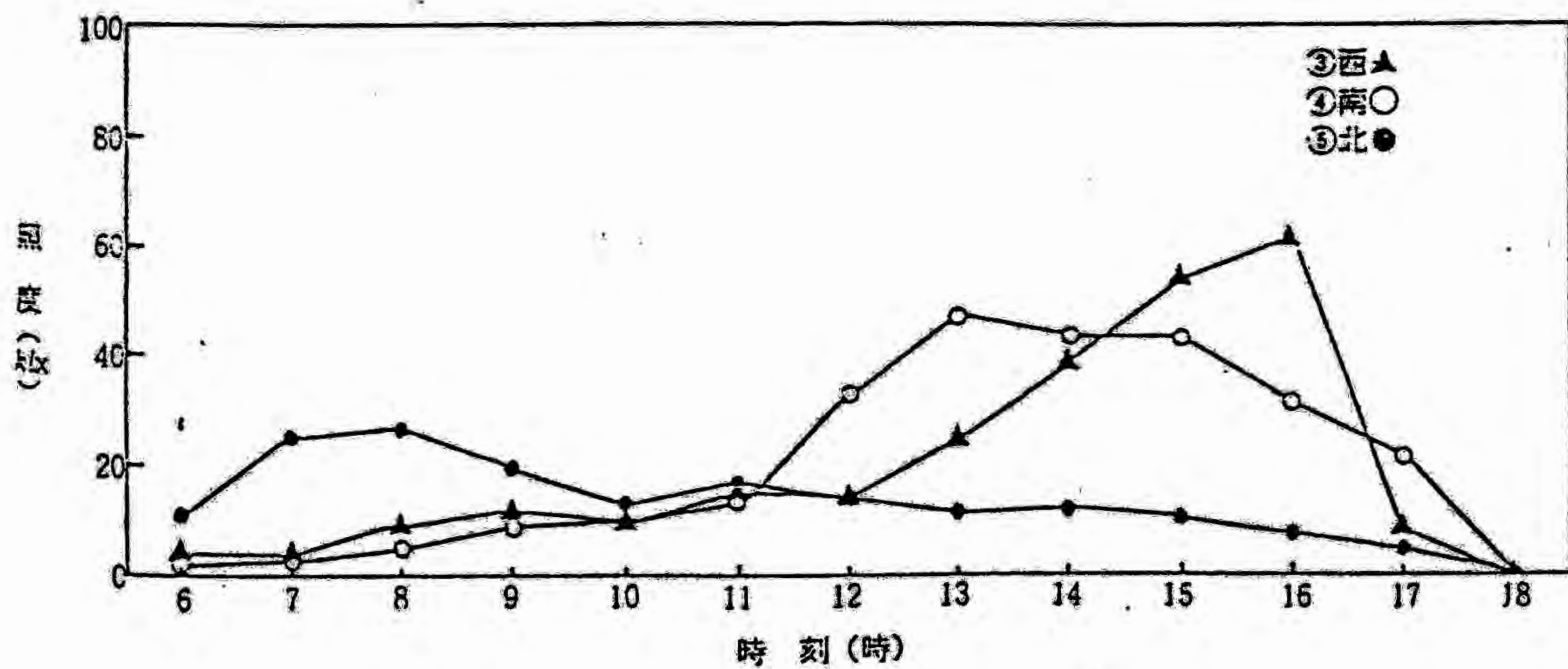


图2.2.5 地物面照度(建物II)

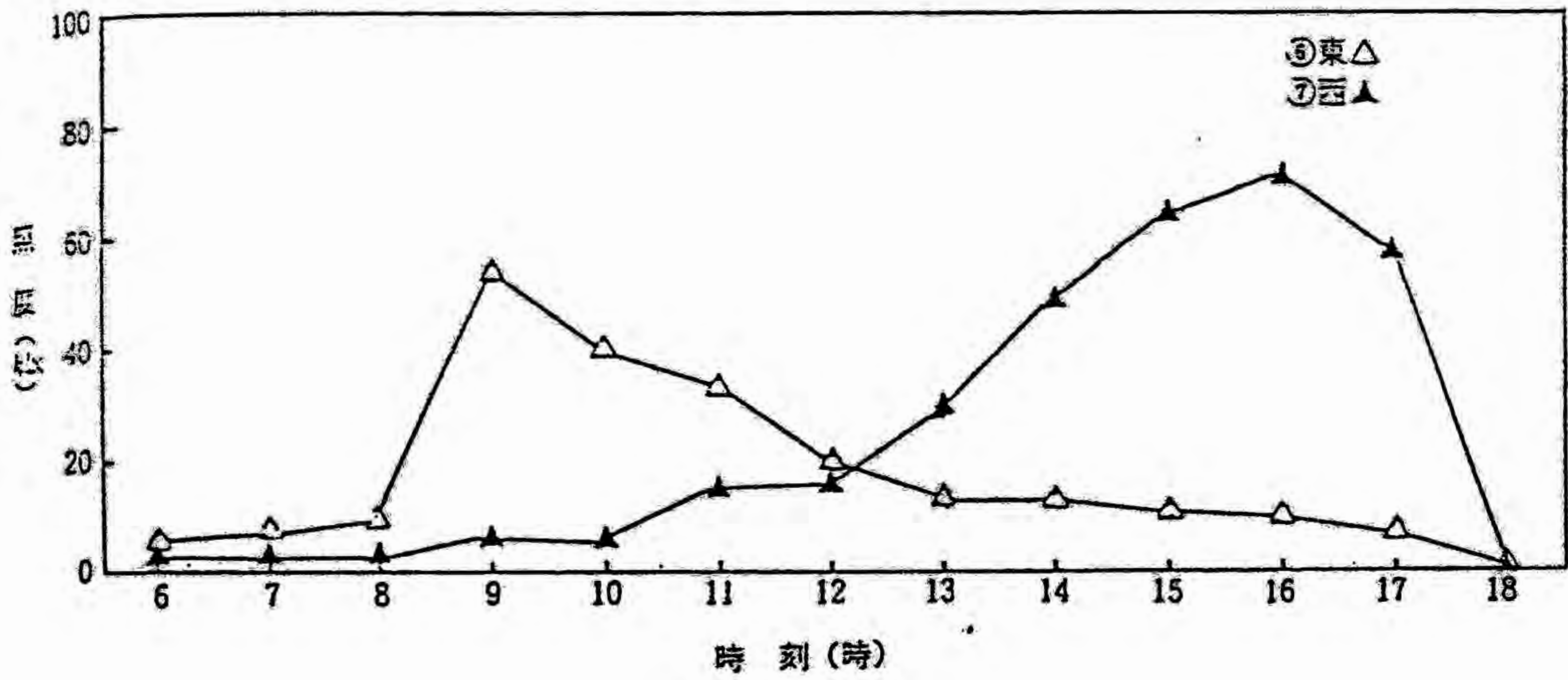


図2.2.6 地物面照度(ブロック場)

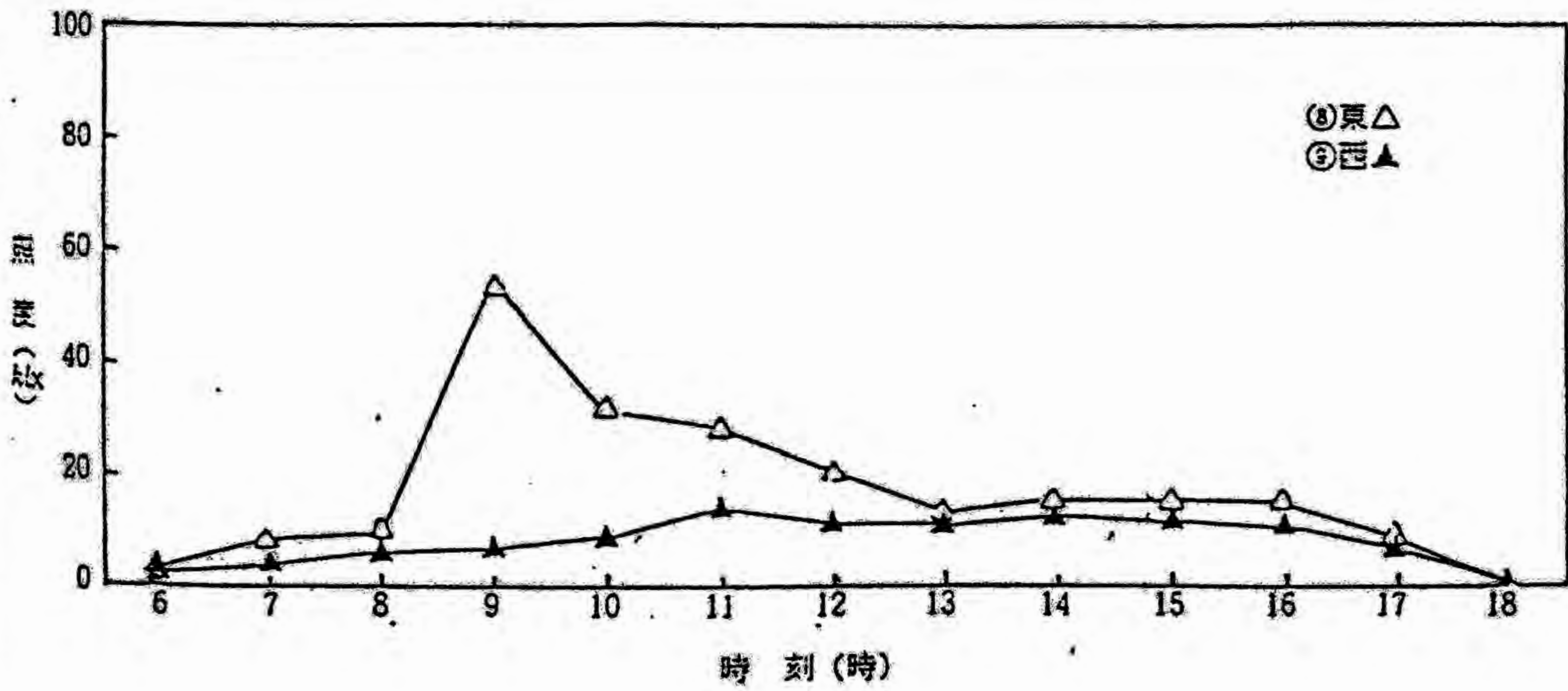


図2.2.7 地物面照度(樹木)

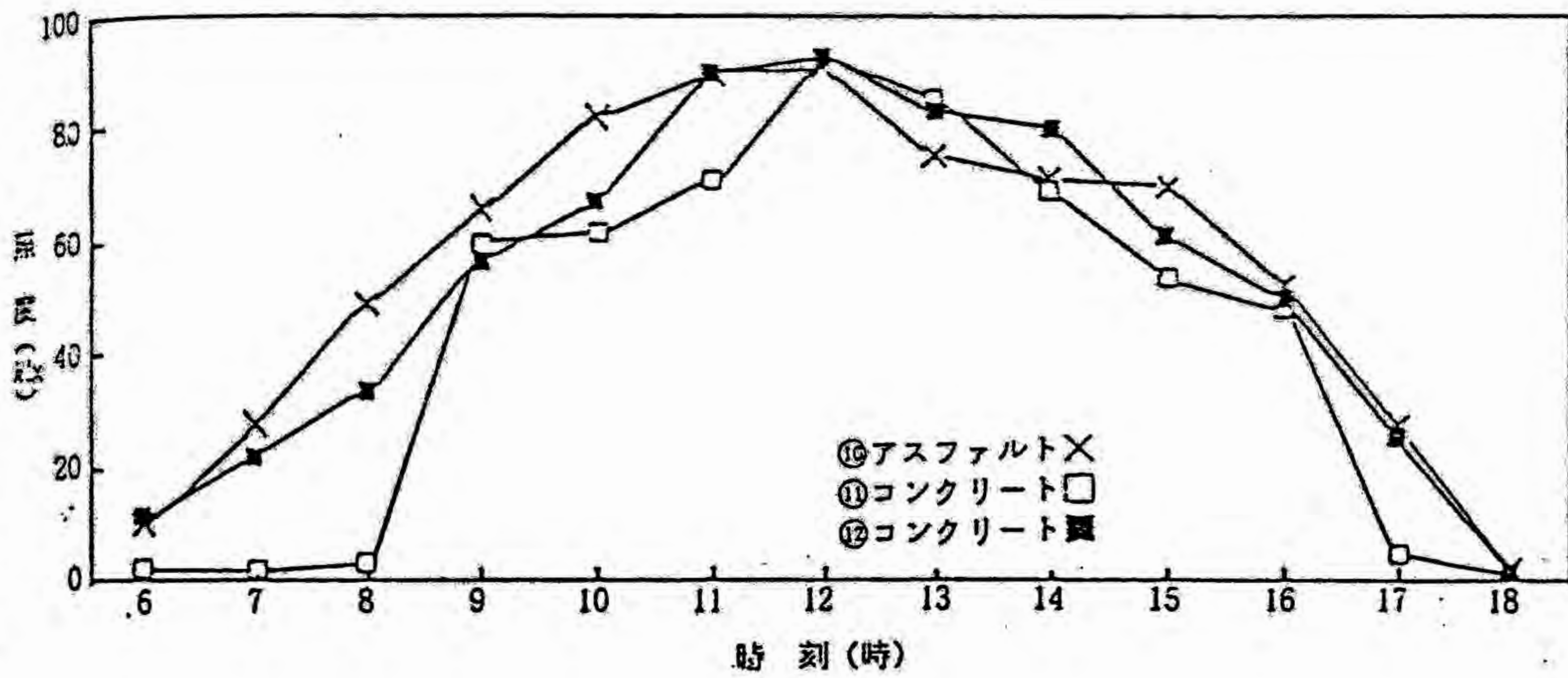


図2.2.8 地物面照度 (アスファルト・コンクリート)

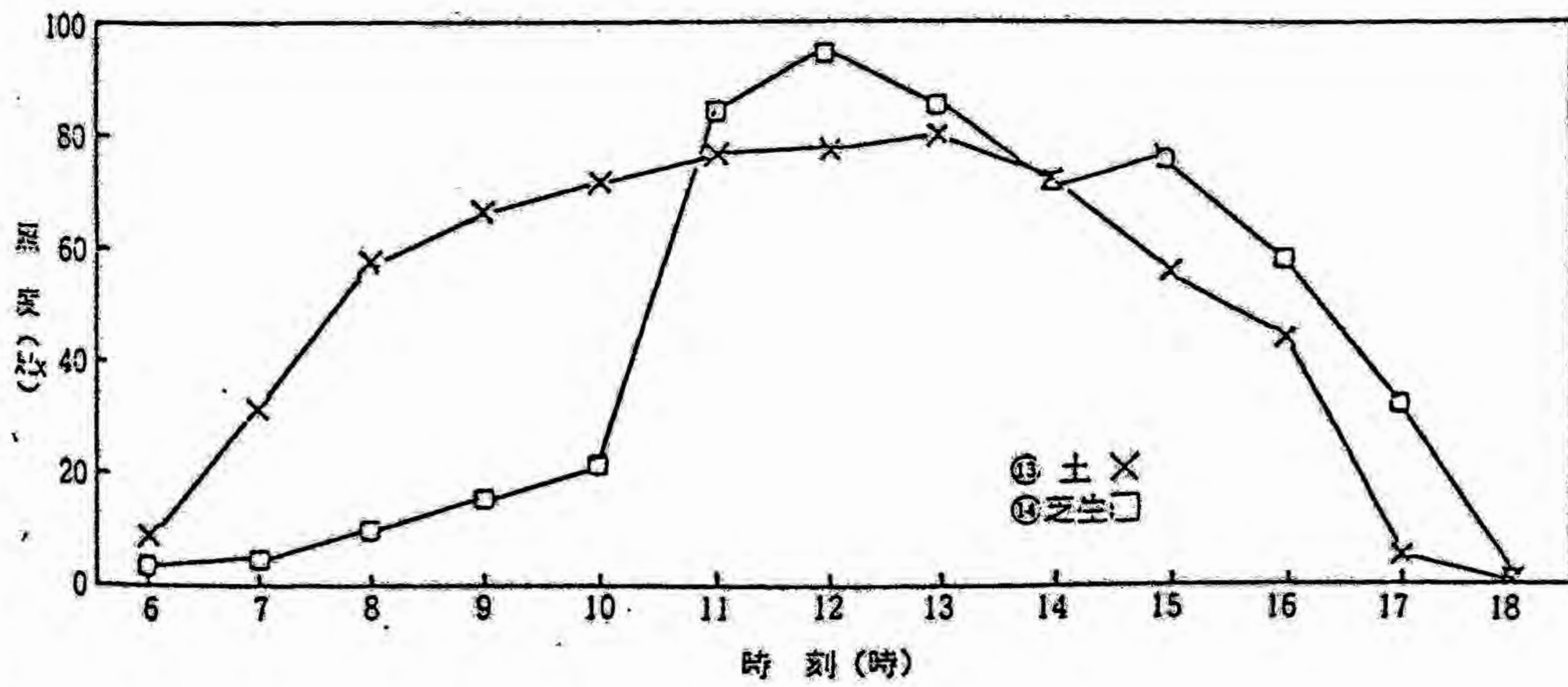


図2.2.9 地物面照度 (土・芝生)

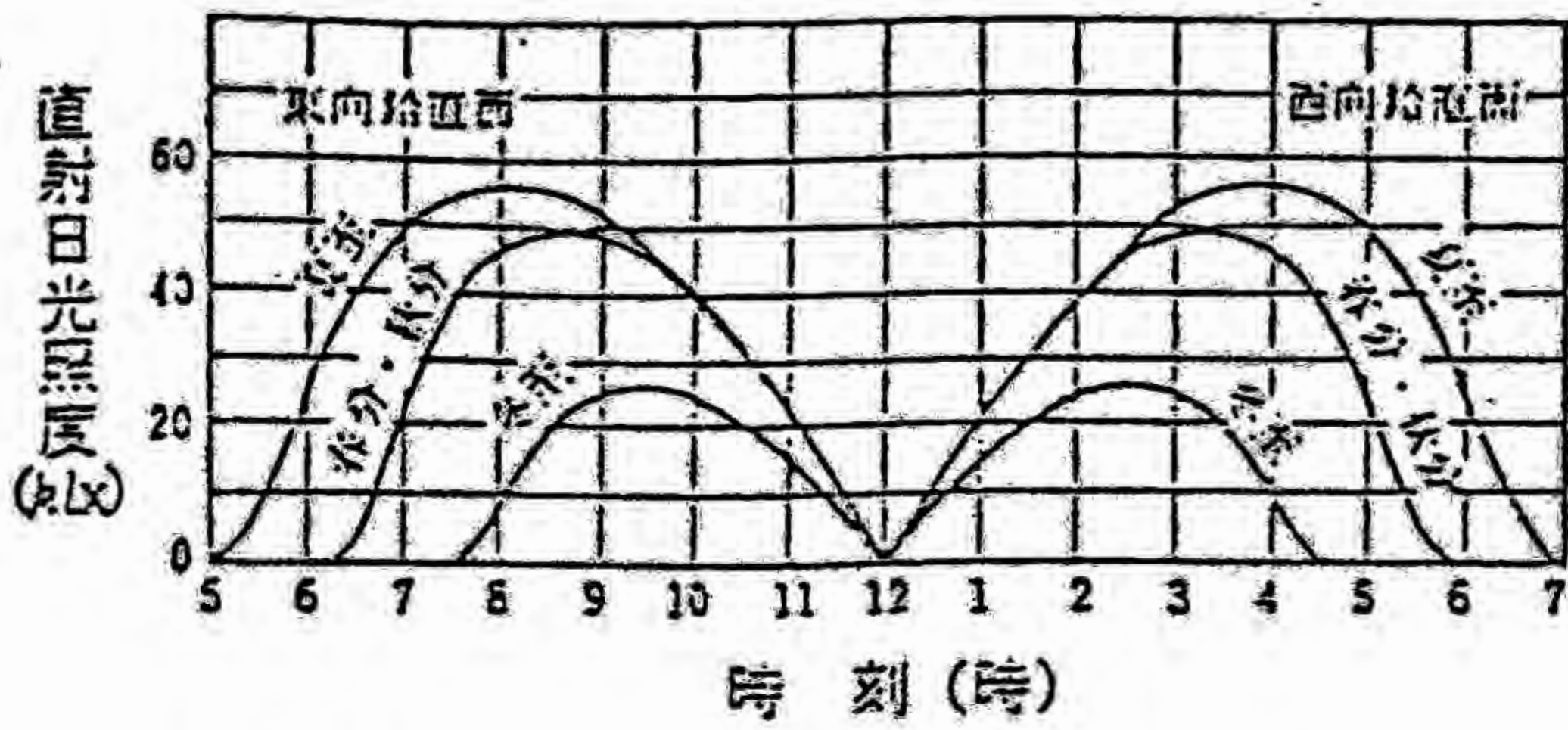
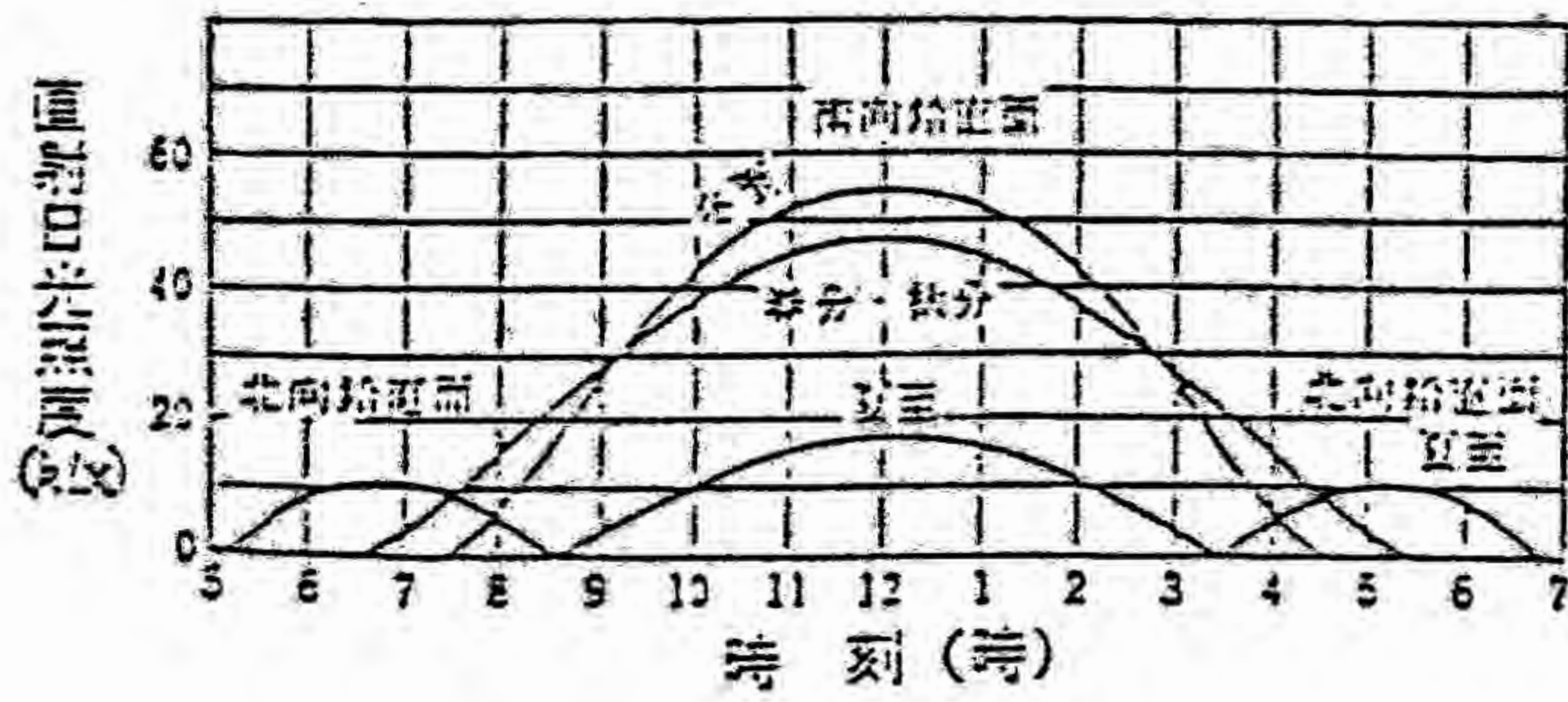


図2.2.10 鉛直面の直射日光照度 (伊藤らによる)

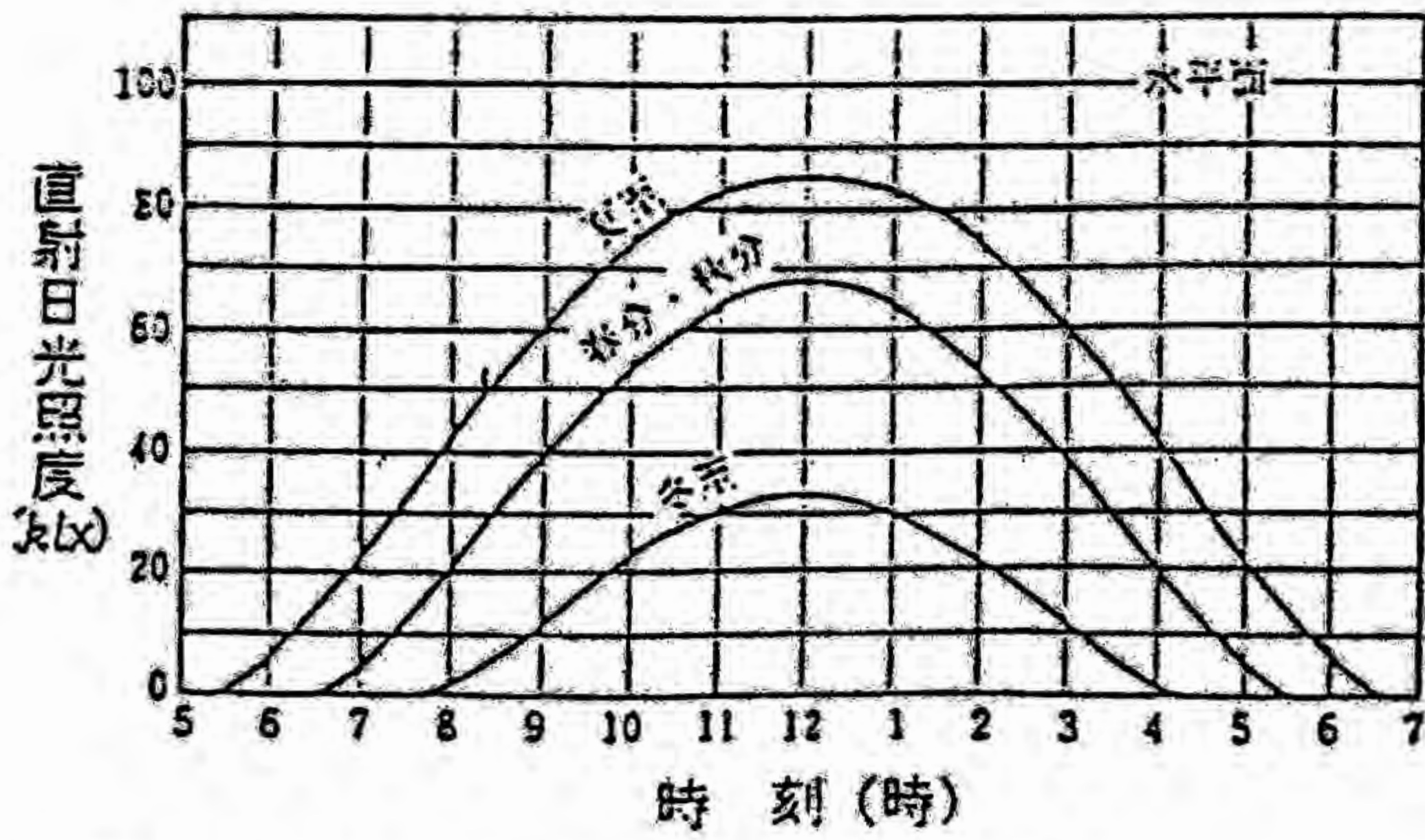


図2.2.11 水平面の直射日光照度 (伊藤らによる)

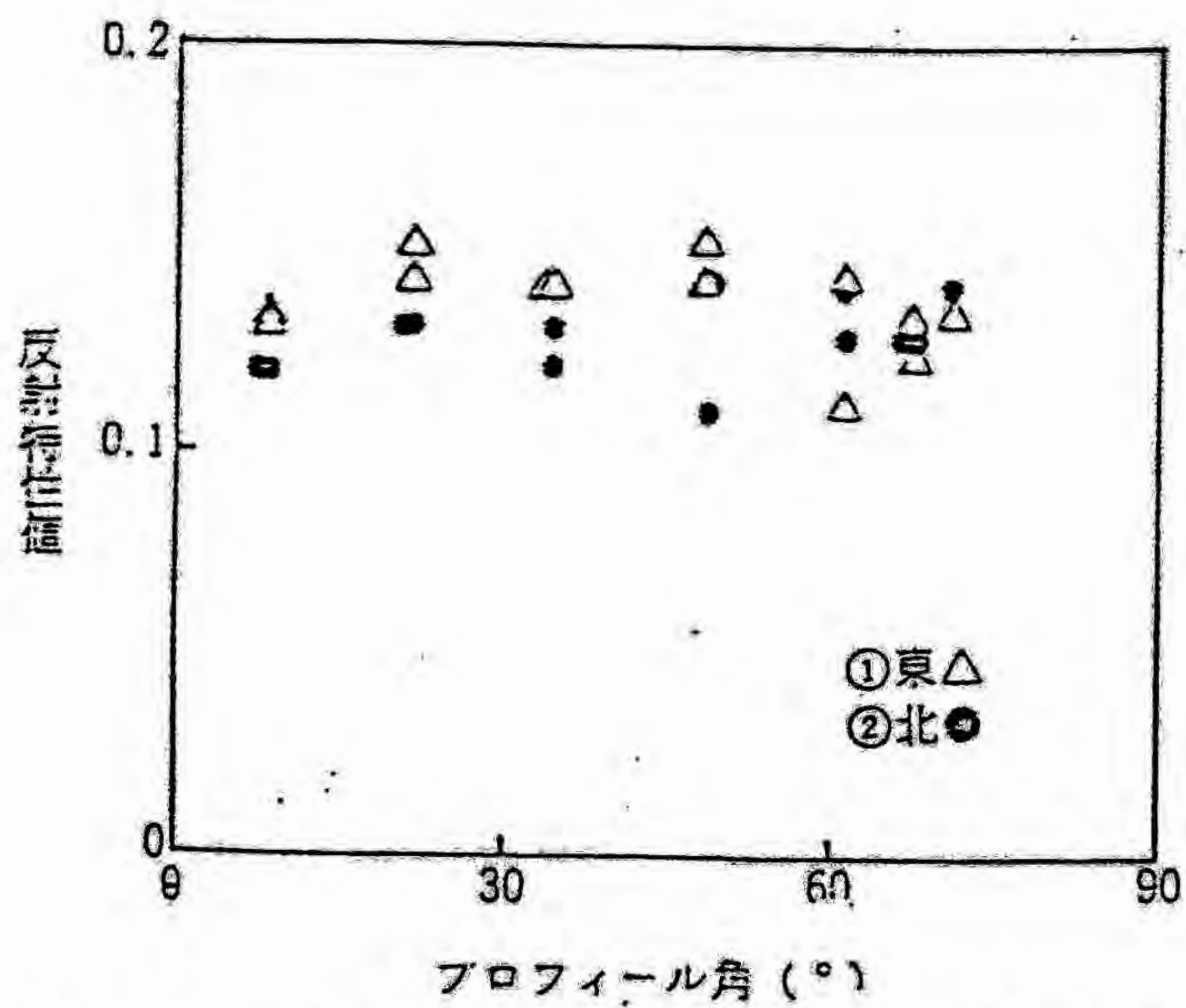


図2.2.12 太陽のプロフィール角と反射特性値との関係 (建物I)

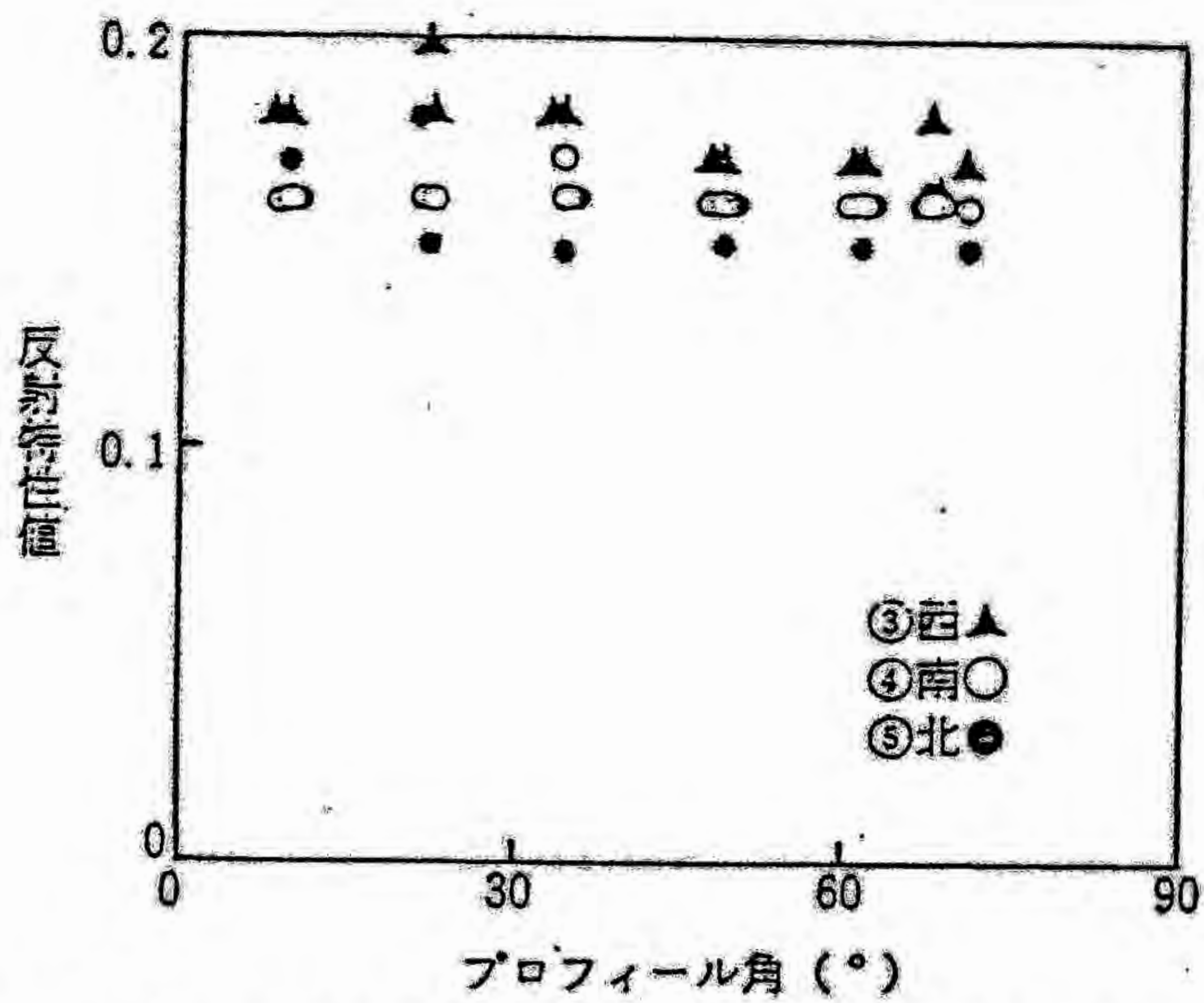


図2.2.13 太陽のプロフィール角と反射特性値との関係 (建物II)

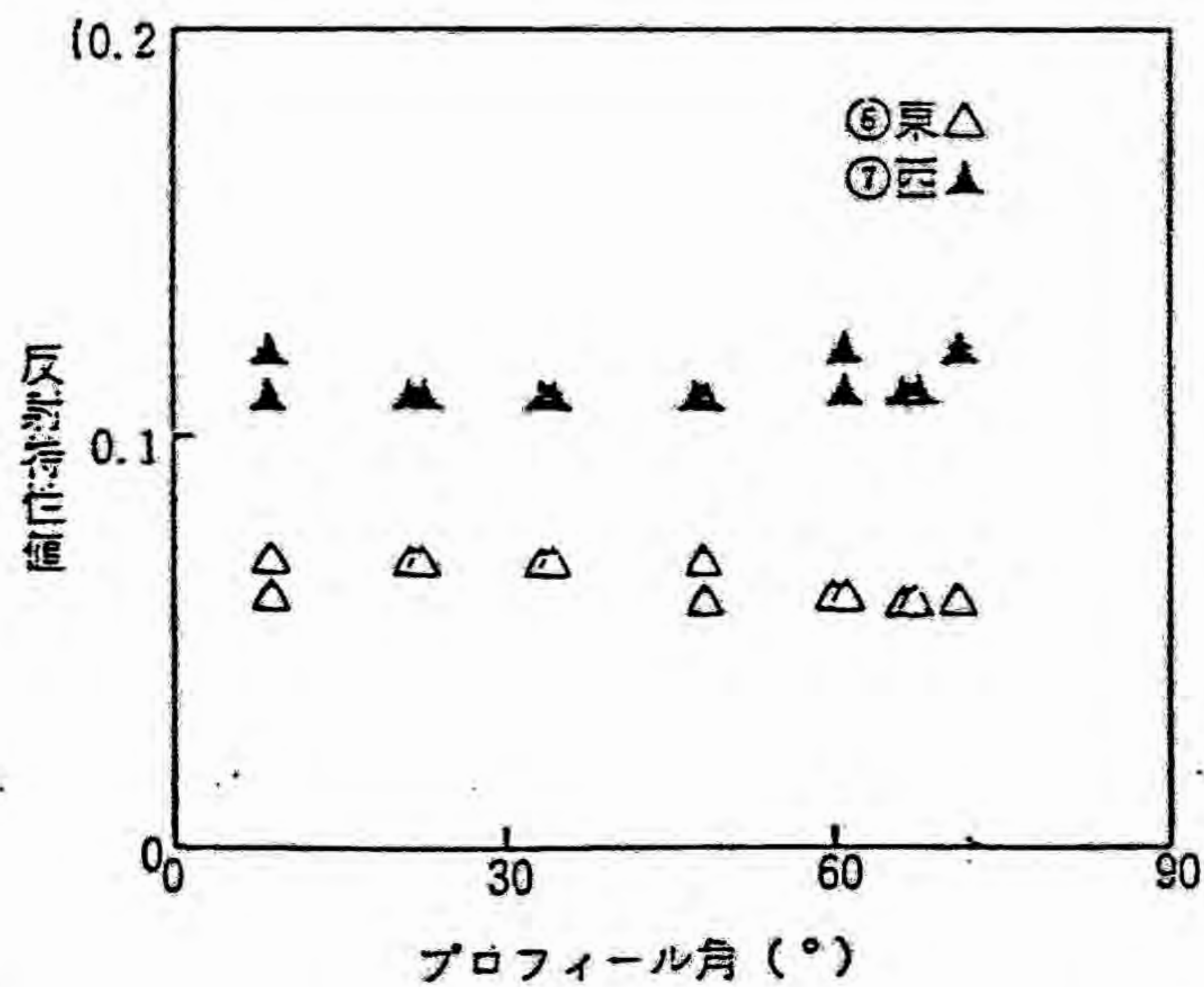


図2.2.14 太陽のプロフィール角と反射特性値との関係 (ブロック景)

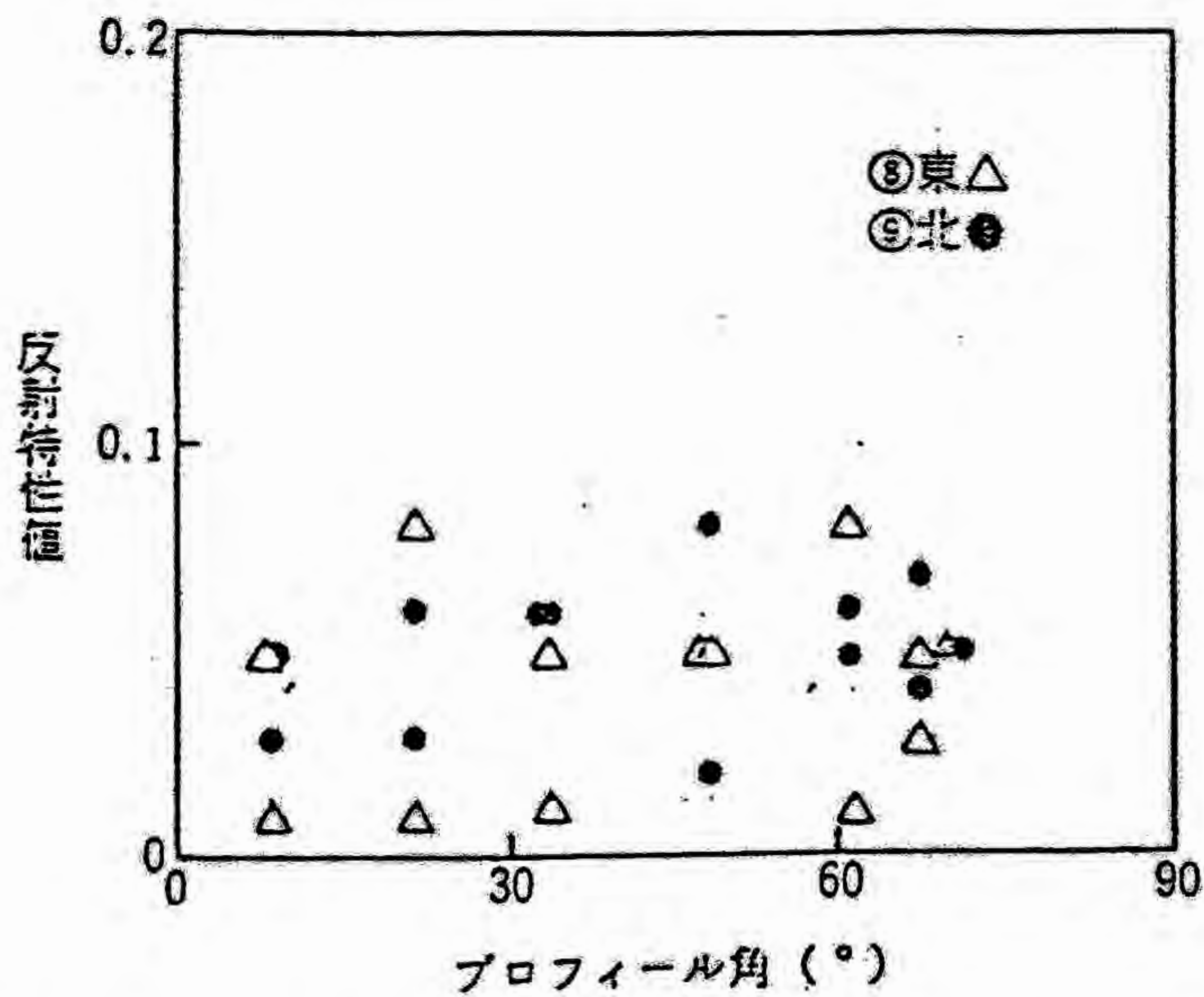


図2.2.15 太陽のプロフィール角と反射特性値との関係 (樹木)

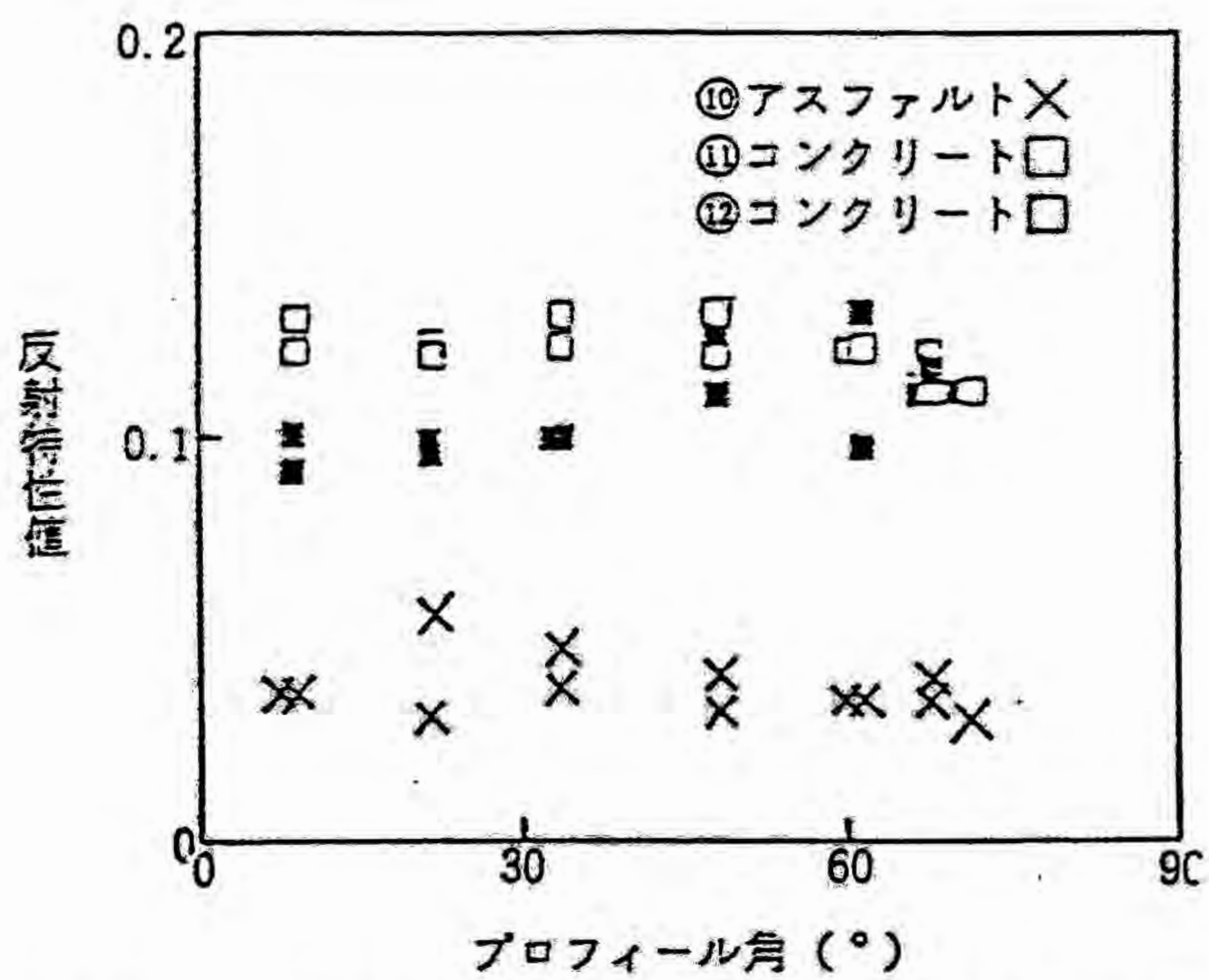


図2.2.16 太陽のプロフィール角と反射特性値との関係 (アスファルト・コンクリート)

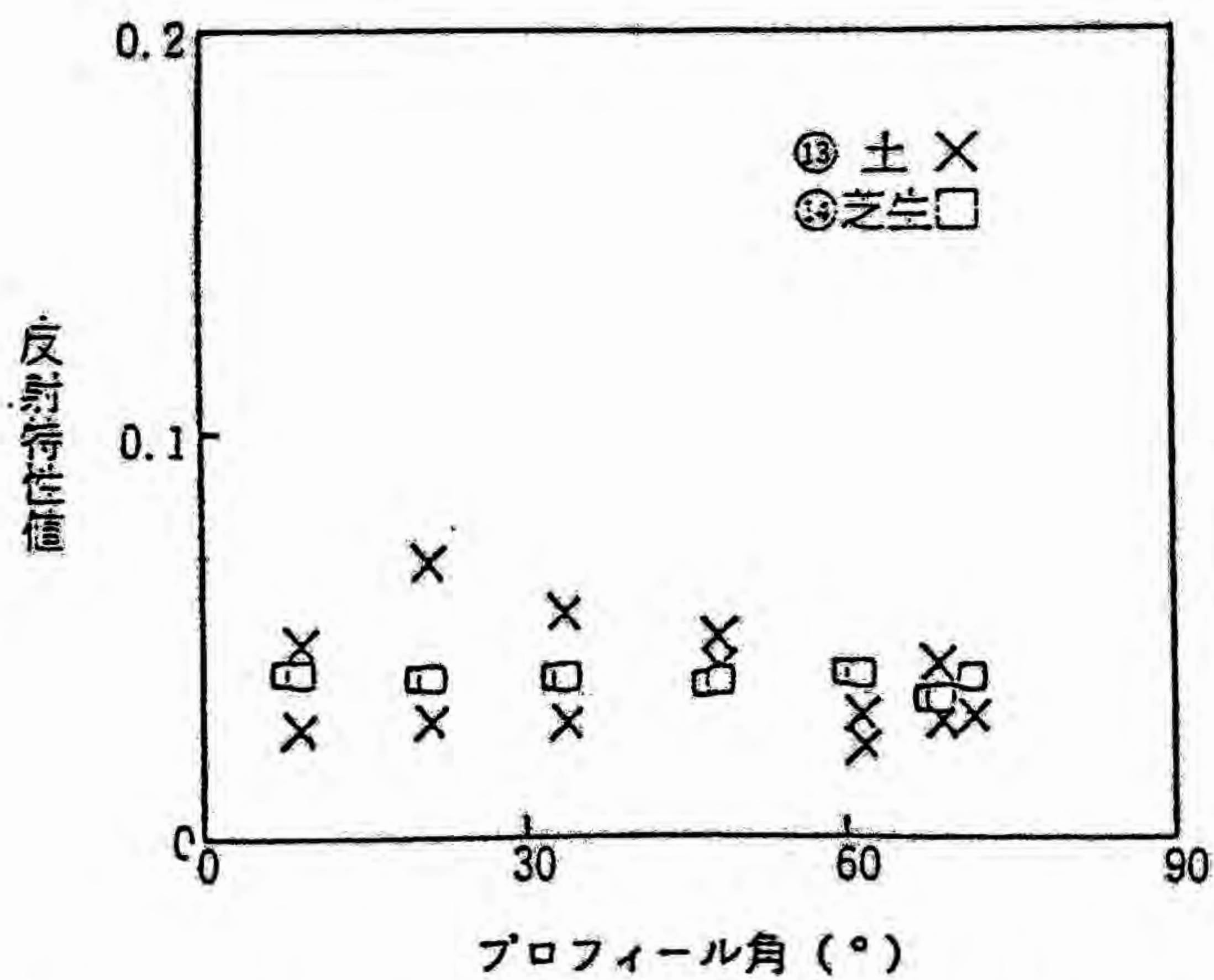


図2.2.17 太陽のプロフィール角と反射特性値との関係 (土・芝生)

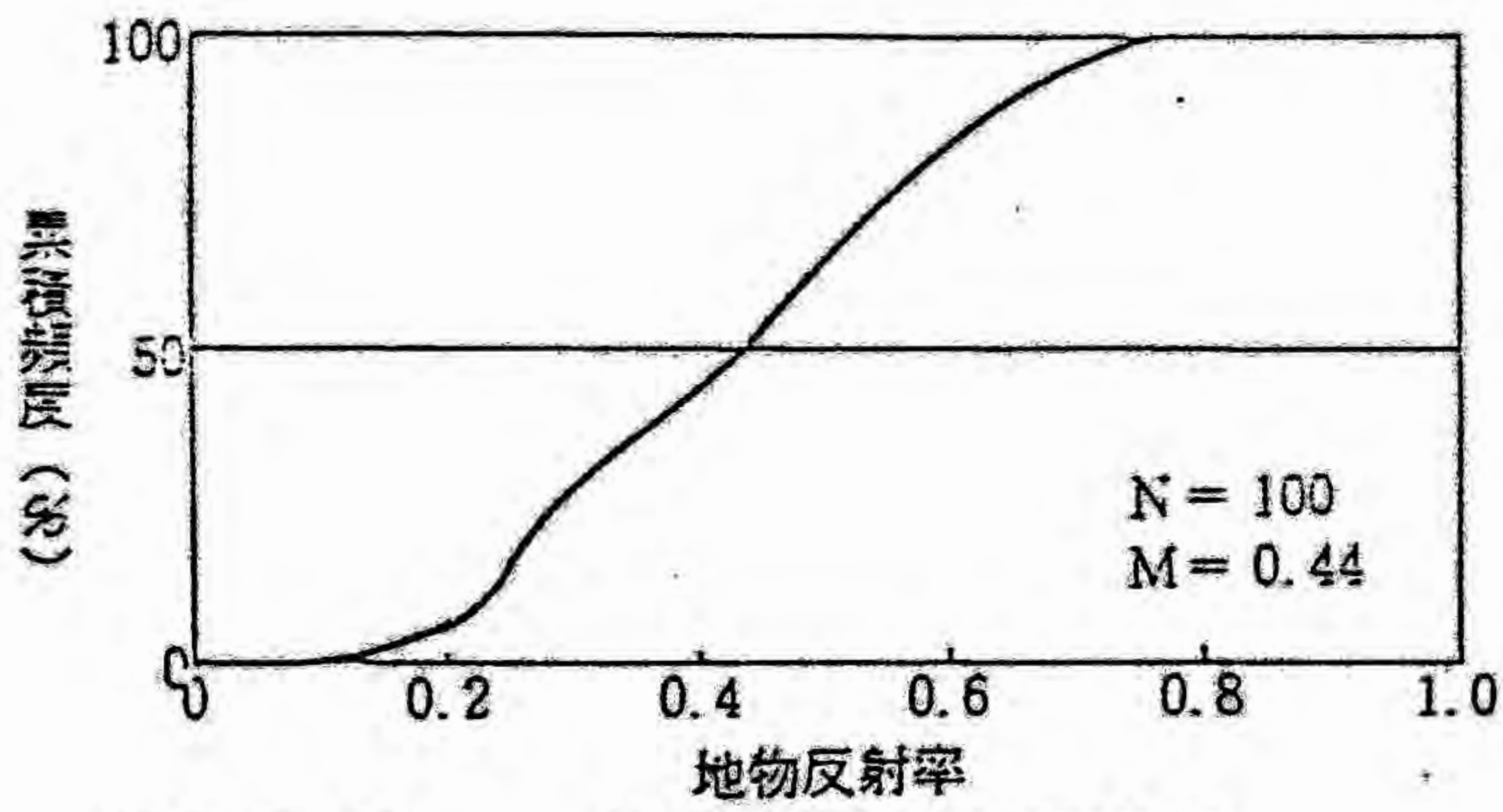


図2.2.18 地物反射率累積頻度分布
(建築物 (屋根を含む))

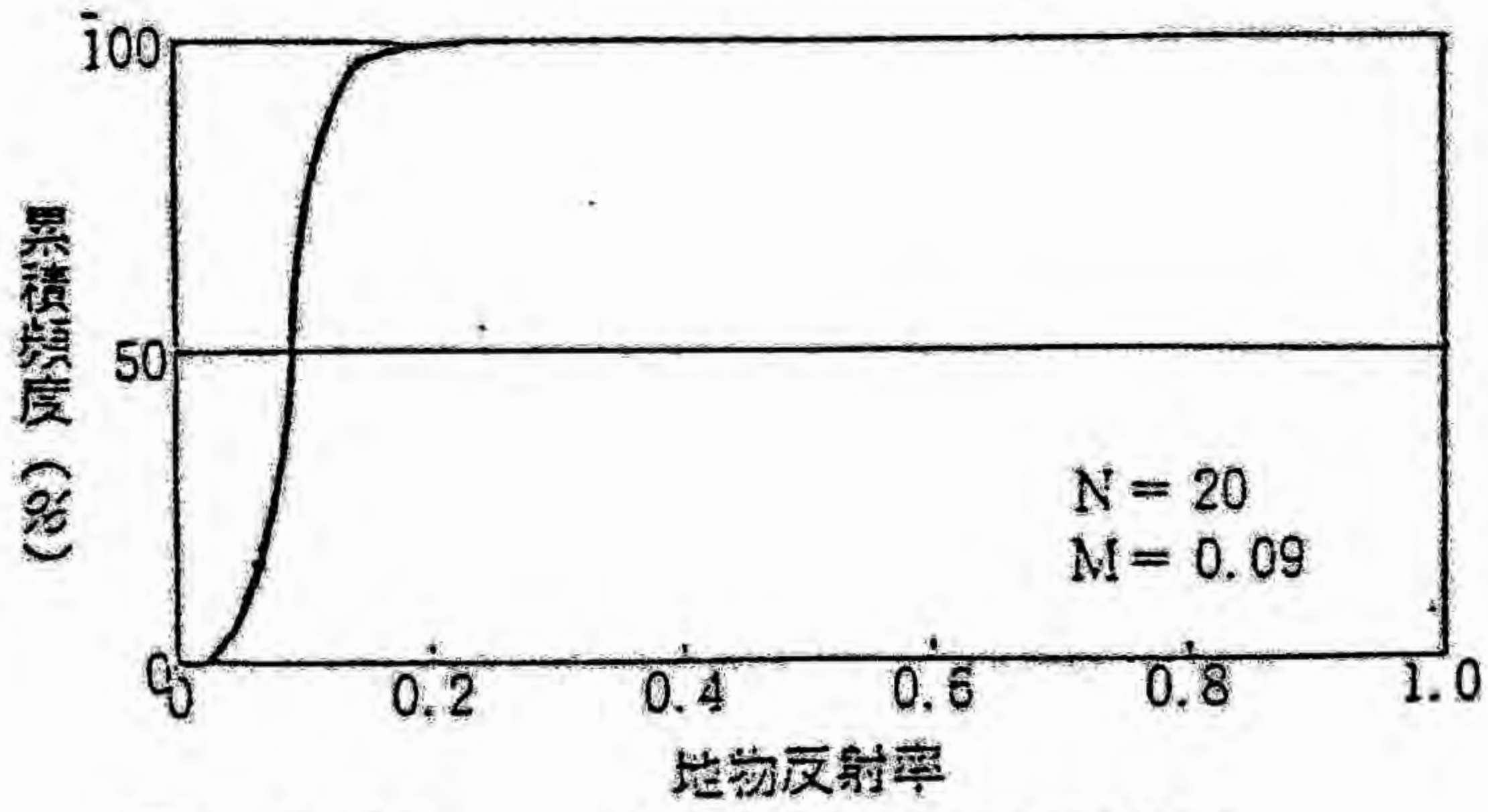


図2.2.19 地物反射率累積頻度分布
(樹木)

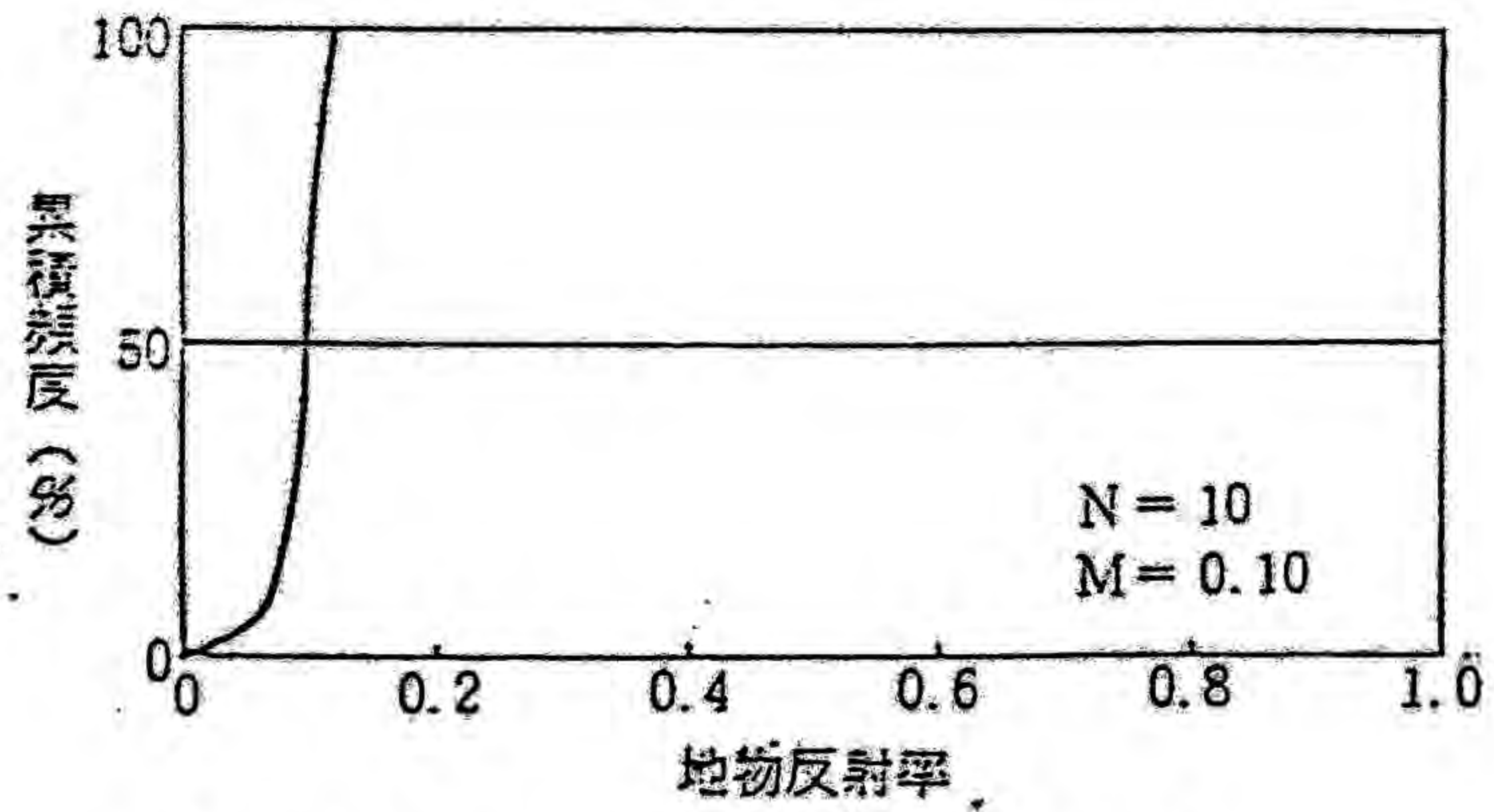


図2.2.20 地物反射率累積頻度分布
(アスファルト)

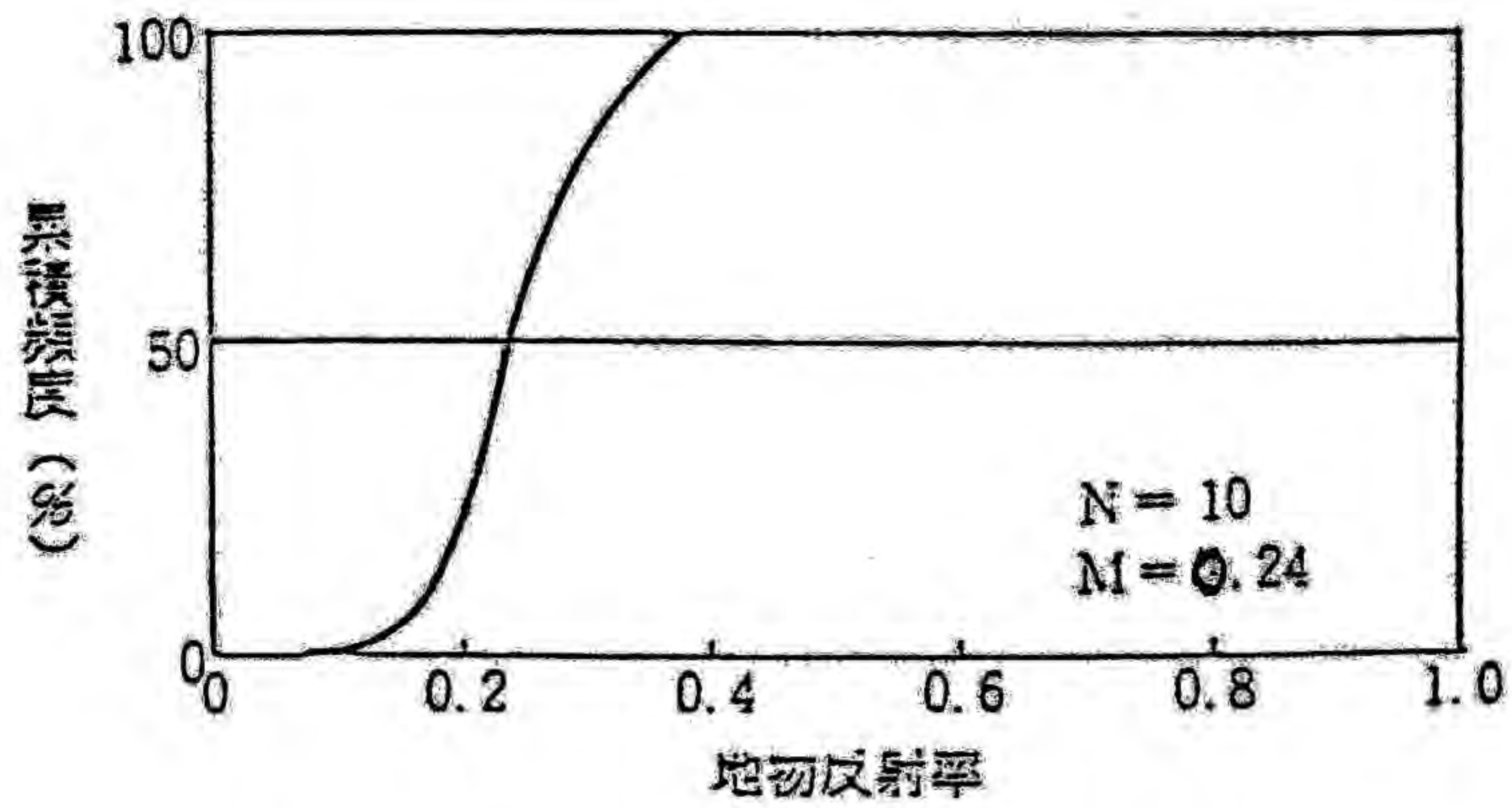


図2.2.21 地物反射率累積頻度分布
(コンクリート)

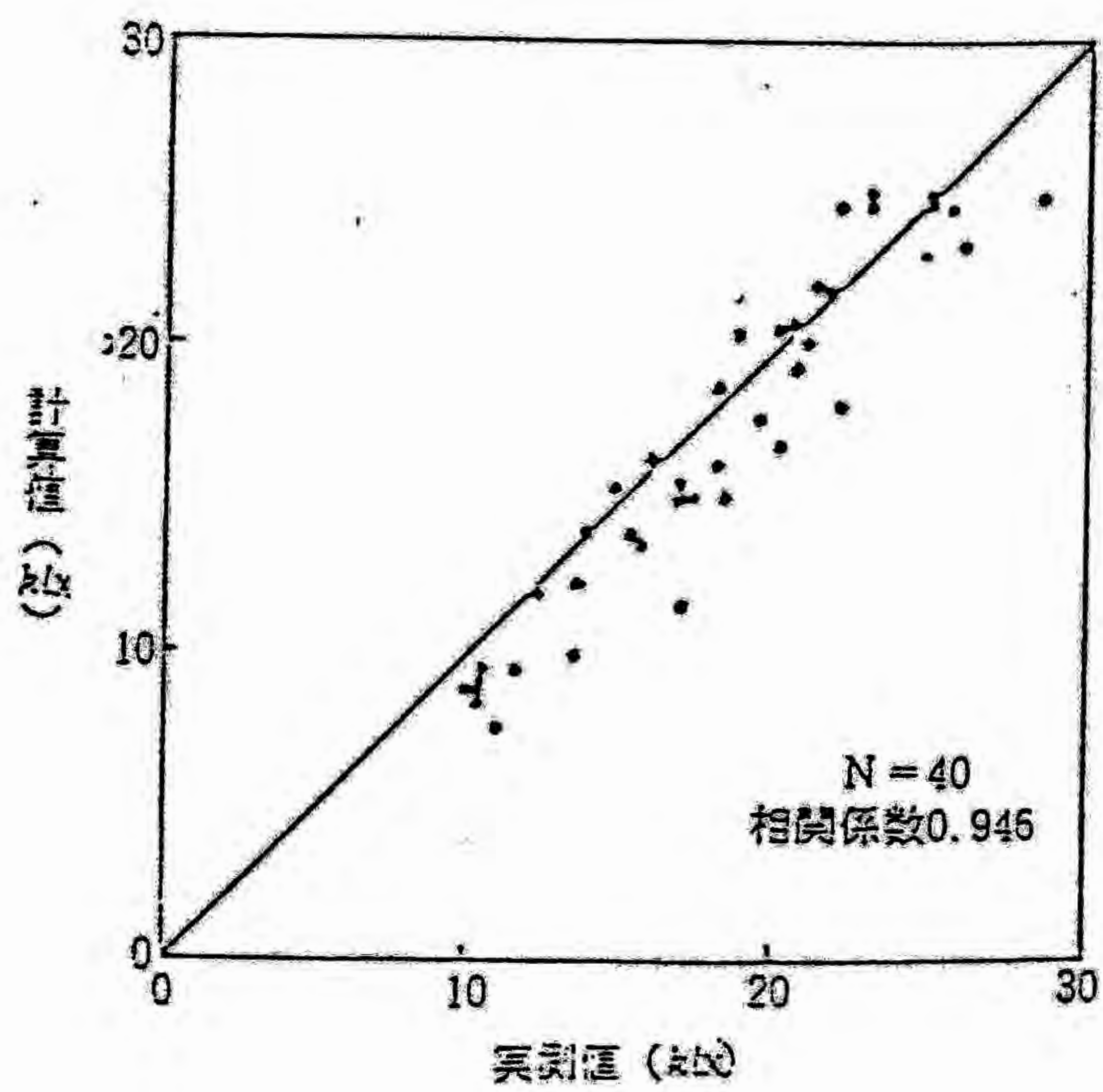


図2.2.22 水平面照度の実測値と計算値との関係

3. 住宅における昼光環境予測

3.1. 住宅外部環境の時系列変化

3.1.1. 緒言

昼光環境設計を住宅建設時のみ対象として行うならば、建設時の外部環境を実測し、窓の大きさ、位置等を考慮することによって、室内昼光照明環境の把握も容易に行うことができ¹⁾、筆者らの研究結果²⁾から外部環境の立体角投射率と居住者評価との関連も予測できる。

しかしながら、個々の住宅において複雑に存在する住宅外部環境に関する具体的な資料はなく、同一住宅でも、近隣での建築物の増加や、樹木の成育等に伴い外部環境が時系列的に変化するため、設計時に対象住宅の将来の外部環境を予測することは極めて困難であると言える。

そこで本研究では、ある程度の将来に亘って、快適な昼光環境を保つ住宅を設計することを目的に、住宅の外部環境の実測調査を基に外部環境の時系列変化について考察するものである。

3.1.2. 調査概要

3.1.2.1. 調査対象住戸

大型宅地開発地域である大阪府池田市伏尾台、大阪府豊能郡豊能町ときわ台、および大阪府池田市豊能町東ときわ台の第一種住居専用地域（建蔽率40%）において、住宅の建築年数が(1)1年未満、(2)1年以上3年未満、(3)3年以上7年未満、(4)7年以上の4調査グループに住戸を分類した後、各グループ20軒を目標に居住者に対しアンケート調査を行い住宅規模を調査する。

ただし1年未満の住宅についてはその絶対数が少ないことにより目標数に達することができなかった。

3.1.2.2. 住宅規模による調査グループ間の差の検定

まず住宅設計条件の第一である敷地面積について、建築年数による調査グループ間の検討を行う。各建築年数による調査グループ別に敷地面積の累積頻度分布を求め図3.1.1.に示す。その結果、各調査グループの敷地面積中央値は概ね等しく、またそれぞれのグループ内の敷地面積のばらつきも小さいことがわかる。

次に、各調査グループ毎の延床面積の敷地面積に対する割合（容積率）につ

いて建築年数による調査グループ間の検討を行う。建築年数による調査グループ別に容積率累積頻度分布を図3.1.2.に示す。調査グループ間の容積率中央値についてはやや差が認められるがばらつきが小さいことがわかる。

以上の結果から、本研究で分類した建築年数による各調査グループはグループ間の住宅規模に際だった差が認められないことがわかる。

3.1.2.3. 外部環境の実測方法

測定は、等距離射影方式の魚眼レンズを用いて図3.1.3.に示すように住戸の建物の4方向の外壁面で、地上1.5mの高さからカメラを水平上方向、および水平下方向に向けて東・西・南・北を主軸とした1住戸8枚の外部環境のスライド写真撮影を行った。建築年数による分類別実測調査住戸数を表3.1.1に示す。

次に、各住戸の外部環境を撮影した方位別スライド写真より、図3.1.4.のように東・西・南・北4方向の主軸を中心に90度分ずつの扇形を取り出し、上方向の4枚の扇形を合わせて1住戸の上方向水平面外部環境モデルとする。同様に下方向についても1住戸の下方向水平面外部環境モデルを作成する。

本研究では、2.2.において地物表面の反射率を求めたのと同様に外部環境を(ア)建築物、(イ)天空、(ウ)樹木、(エ)アスファルト等水平面、(オ)土・芝生の5つの要素に分類し、建築年数によるグループ別に各外部環境要素の鉛直面での立体角投射率中央値を求める。

3.1.3. 調査結果及び考察

各外部環境要素の立体角投射率中央値と住宅の建築年数との関係を回帰して図3.1.5.～図3.1.9.に示す。

これより、住宅外部環境の時系列変化は樹木に於て特に建築年数の増加に伴う立体角投射率の増加が顕著である事がわかる。また、建築物、天空、および土・芝生については逆に、建築年数の増加にともない概ね立体角投射率が減少していることがわかる。

建築物の立体角投射率については、南北の方角において建築年数の2年をピークに、2年以下では建築年数の増加に伴い増加しているが2年を過ぎると再び減少していることがわかる。また、東西の方角では建築年数の増加にともなってやや減少していることがわかる。

次に、住宅の昼光環境に最も影響を及ぼす天空の立体角投射率については、

4方位とも建築年数が2年を過ぎると減少率が極めて低くなっている事がわかる。また、南の方角については特に、2年を過ぎると約30%の一定値になることが分かる。この建築年数2年時とは、住宅建設時当初より増加していた建築物の立体角投射率が、減少に向かうピーク時に一致している。これは、本調査対象地区では、最初に住宅建設が行われた時点より約2年でおおよそ周辺の住宅の建設が終り周辺にほぼ空地がなくなったと考えられる。

土・芝生についても建築年数の増加に伴って立体角投射率が減少しているが、建築年数が多いほどその減少率が低いことが分かる。ただし、アスファルト等水平面については建築年数の増加に伴う立体角投射率の増加は認められない。

3.1.4.まとめ

本研究において住宅外部環境を実測調査して時系列変化を考察した結果、住宅の外部環境には要素別にそれぞれ異なった時系列変化が認められ、住宅の昼光環境に最も影響を及ぼす天空については周辺にほぼ空地がなくなった時点よりその立体角投射率はほぼ一定になることが判った。

そこで、ある程度の将来に亘って快適な昼光環境を保つ住宅を設計するためには、個々の住宅において複雑に存在する住宅外部環境に関して、周辺にほぼ空地がなくなった住宅地の住戸の外部環境の実測調査を大量に行って、外部環境を規定する様々な要因との関係を検討し、より具体的な資料を提示する必要があると考えられる。

引用文献

- 1)日本建築学会編：「採光設計、日本建築学会設計計画パンフレット」、彰国社
- 2)伏原三千子・土井正・中根芳一：昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その2 周辺環境構成要素の窓面での立体角投射率と居住者の評価との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.345～346 1984

表 3.1.1.

実測調査住戸数

調査番号	建築年数	調査住戸数
(1)	1年未満	10
(2)	1年以上3年未満	13
(3)	3年以上7年未満	12
(4)	7年以上	12

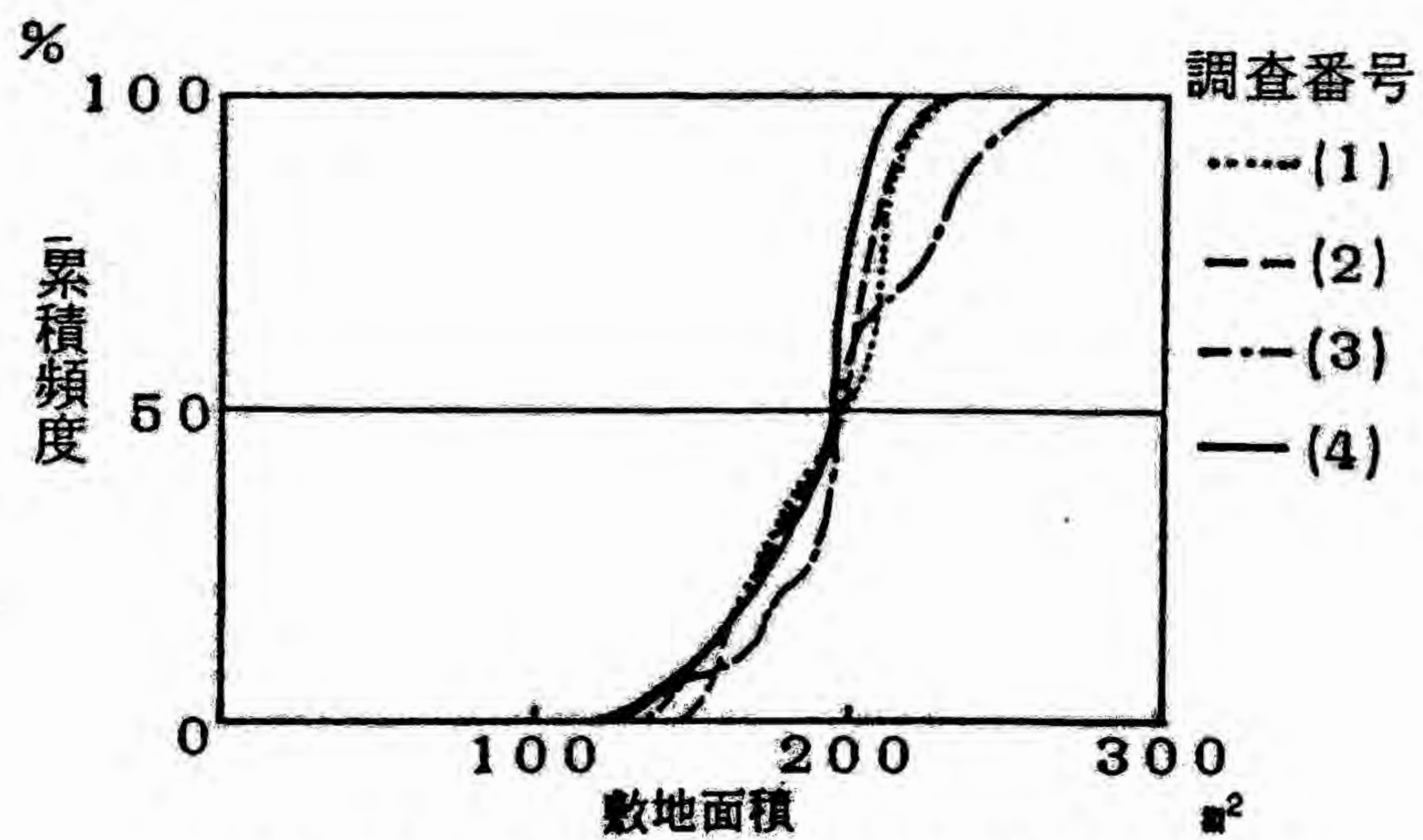


圖 3.1.1. 敷地面積累積頻度分布

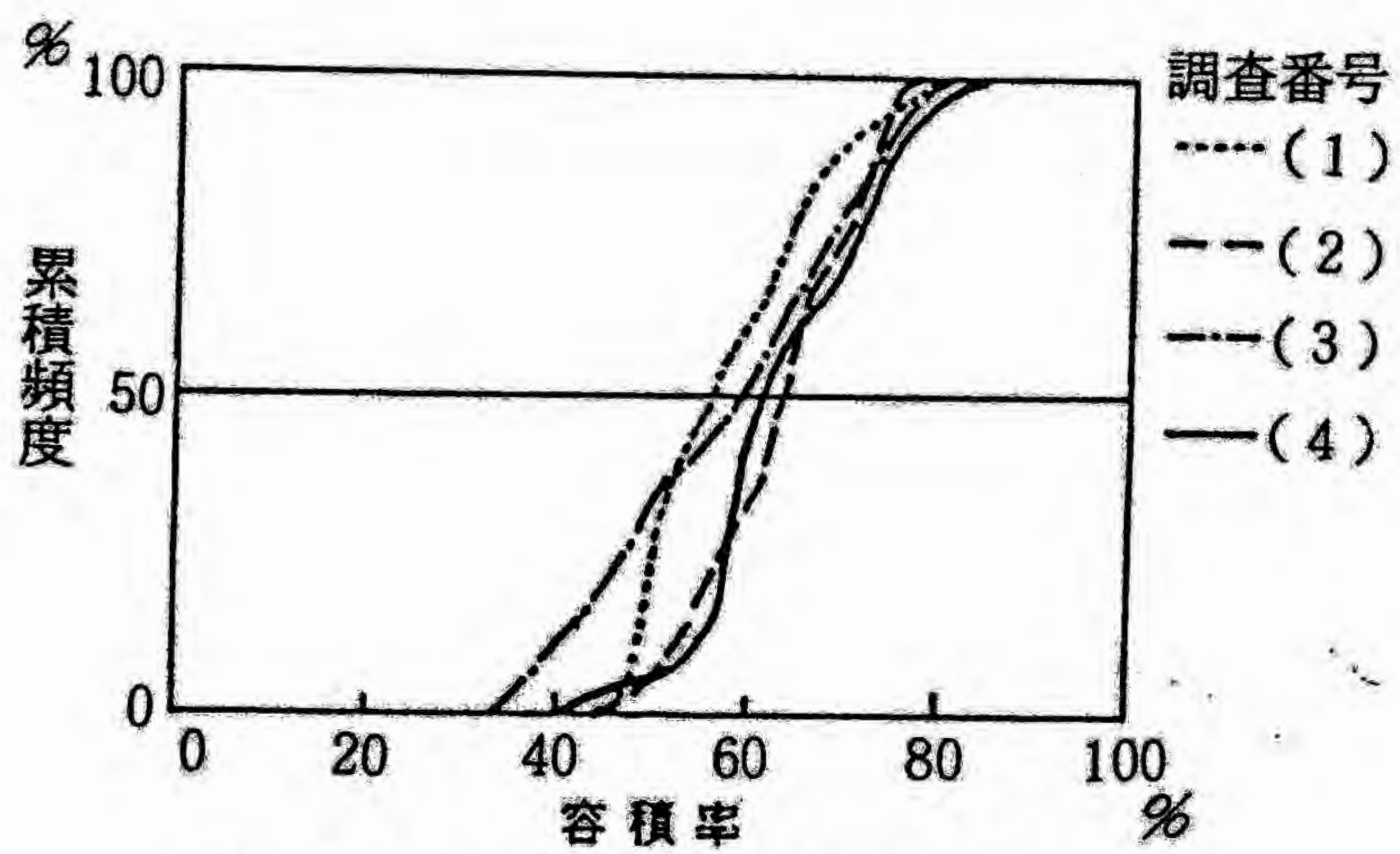


圖 3.1.2. 容積率累積頻度分布

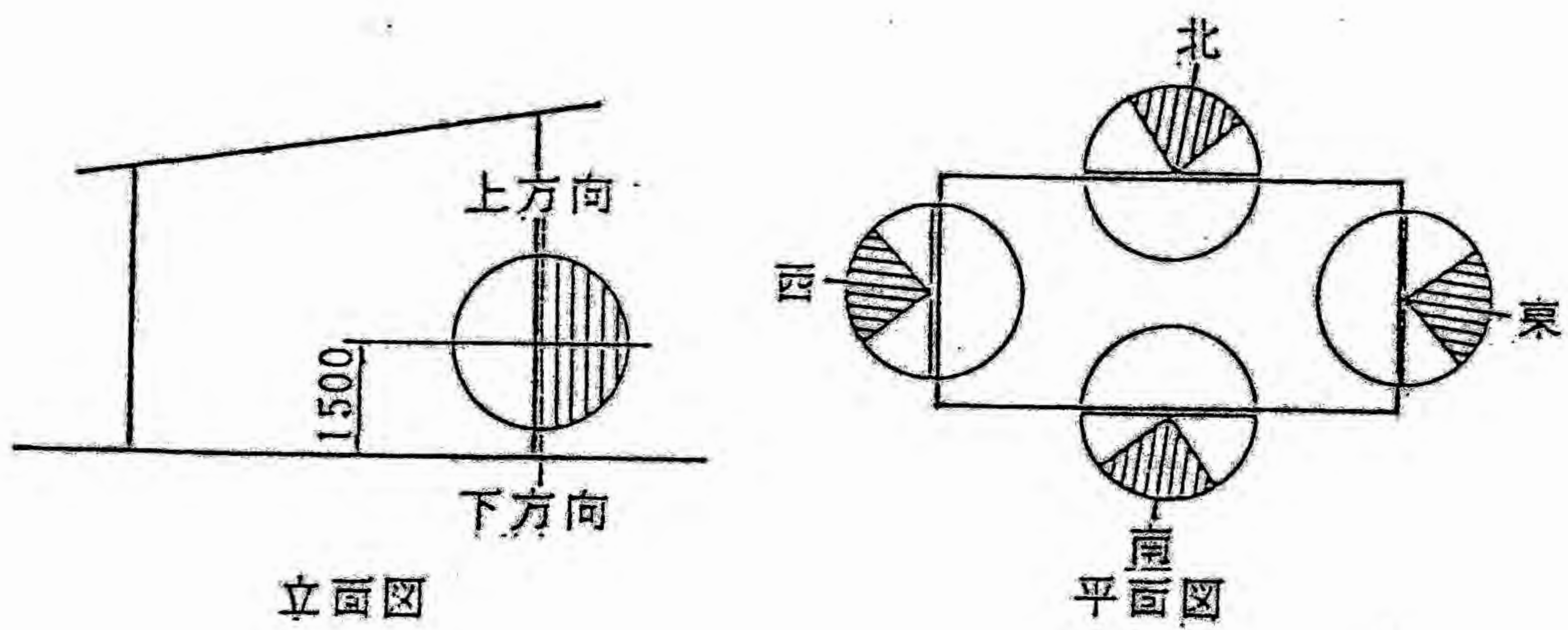


图3.1.3. 摄影方法

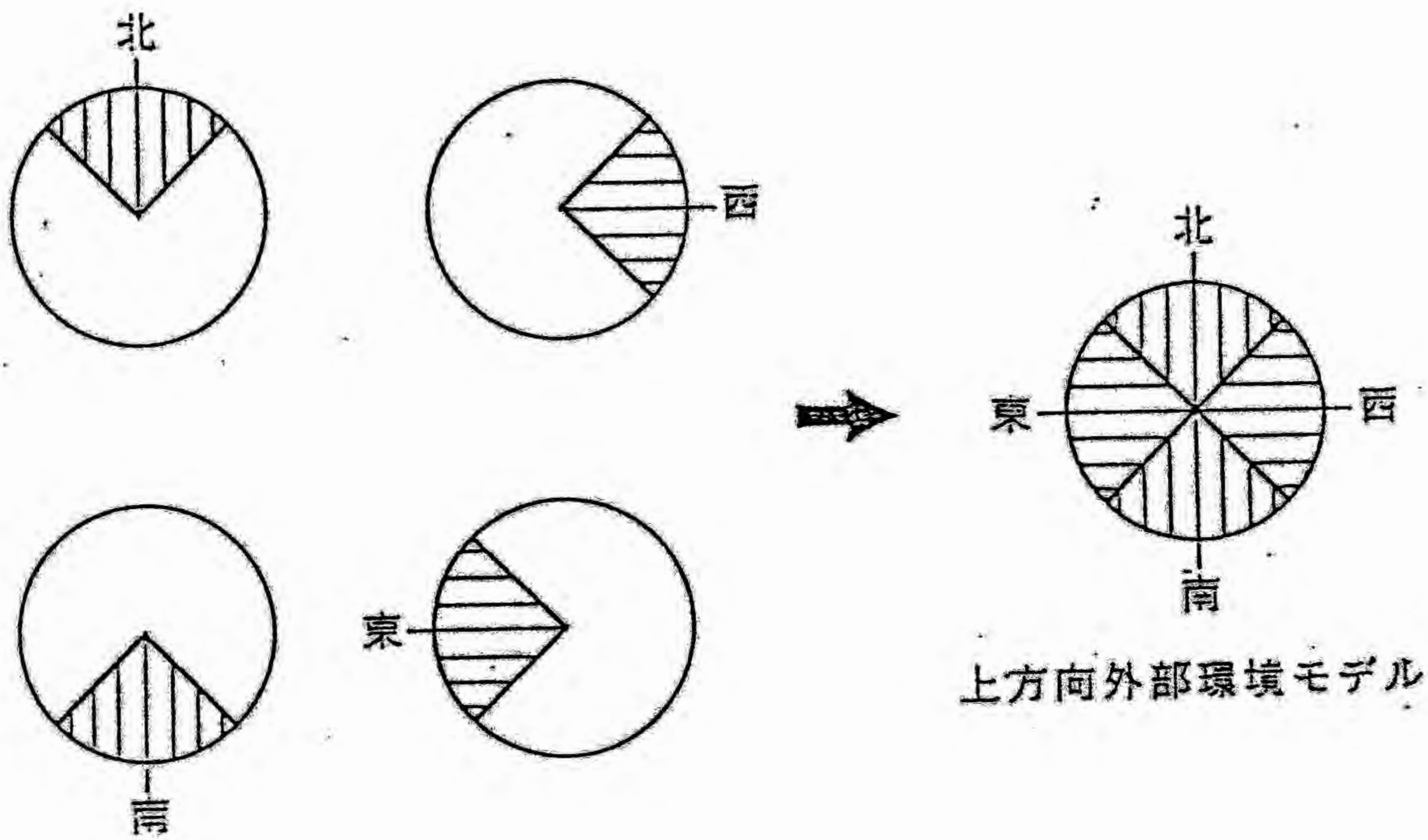


図3.1.4. 1住戸の上方向水平面外部環境モデルの作成方法

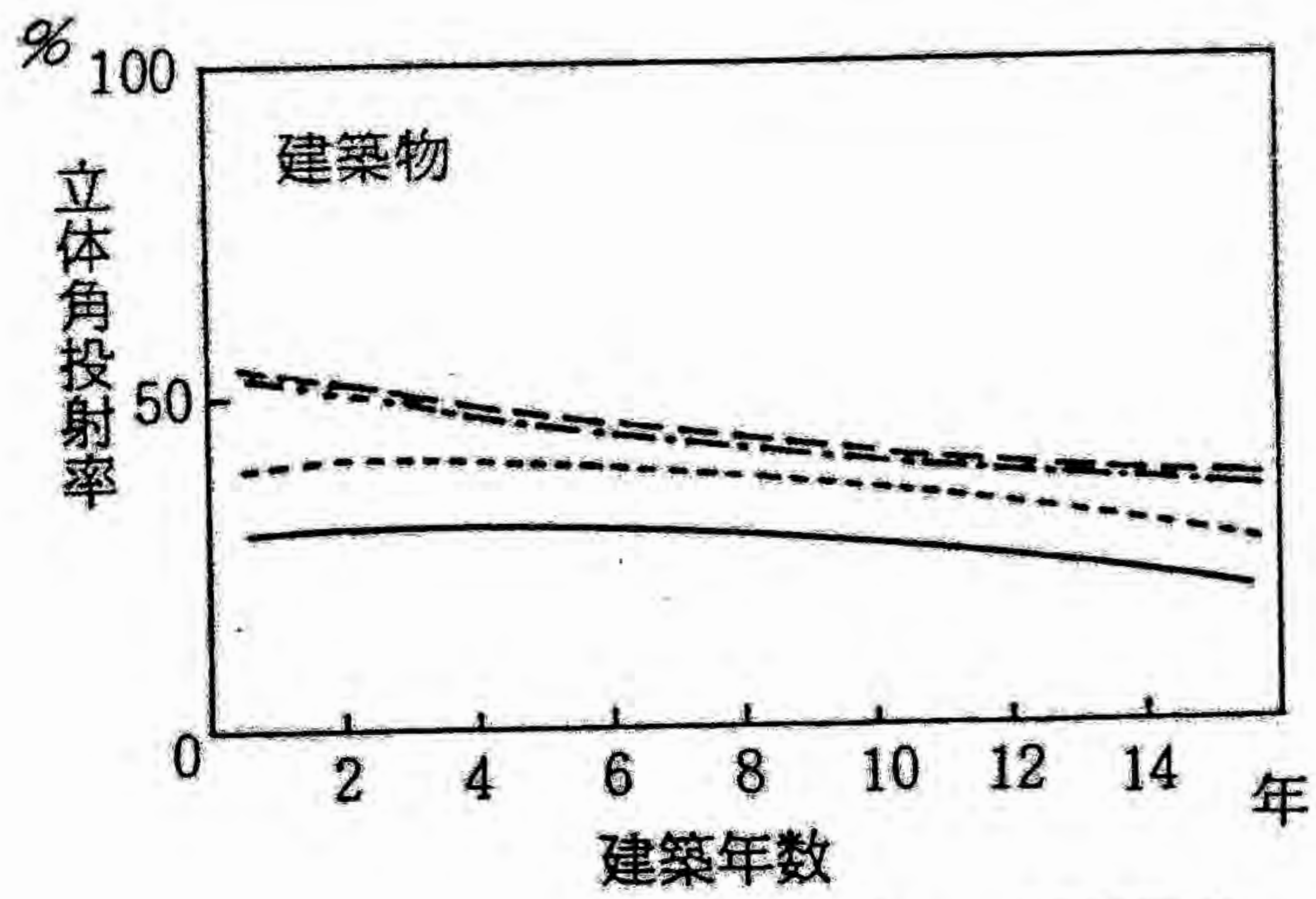
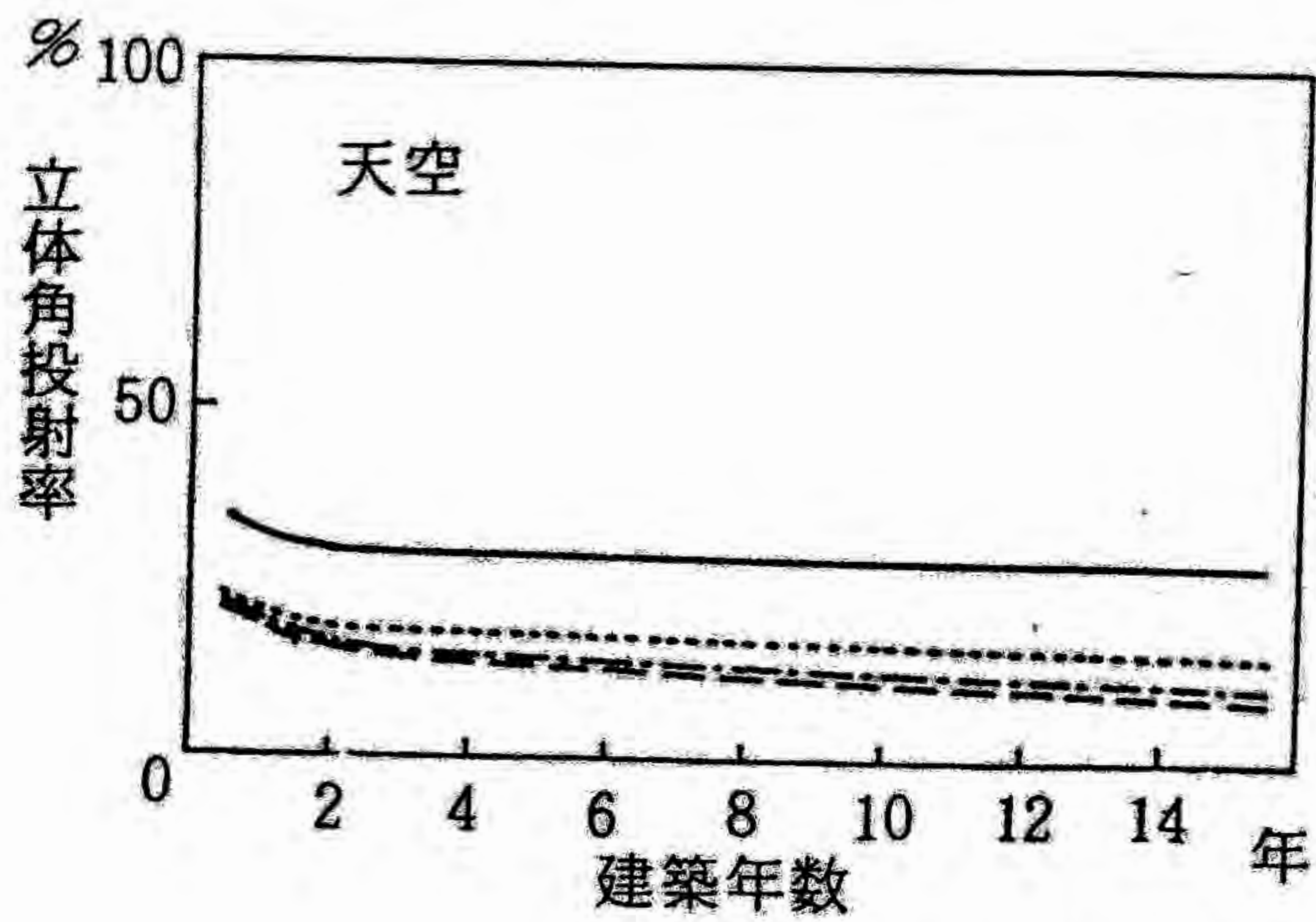
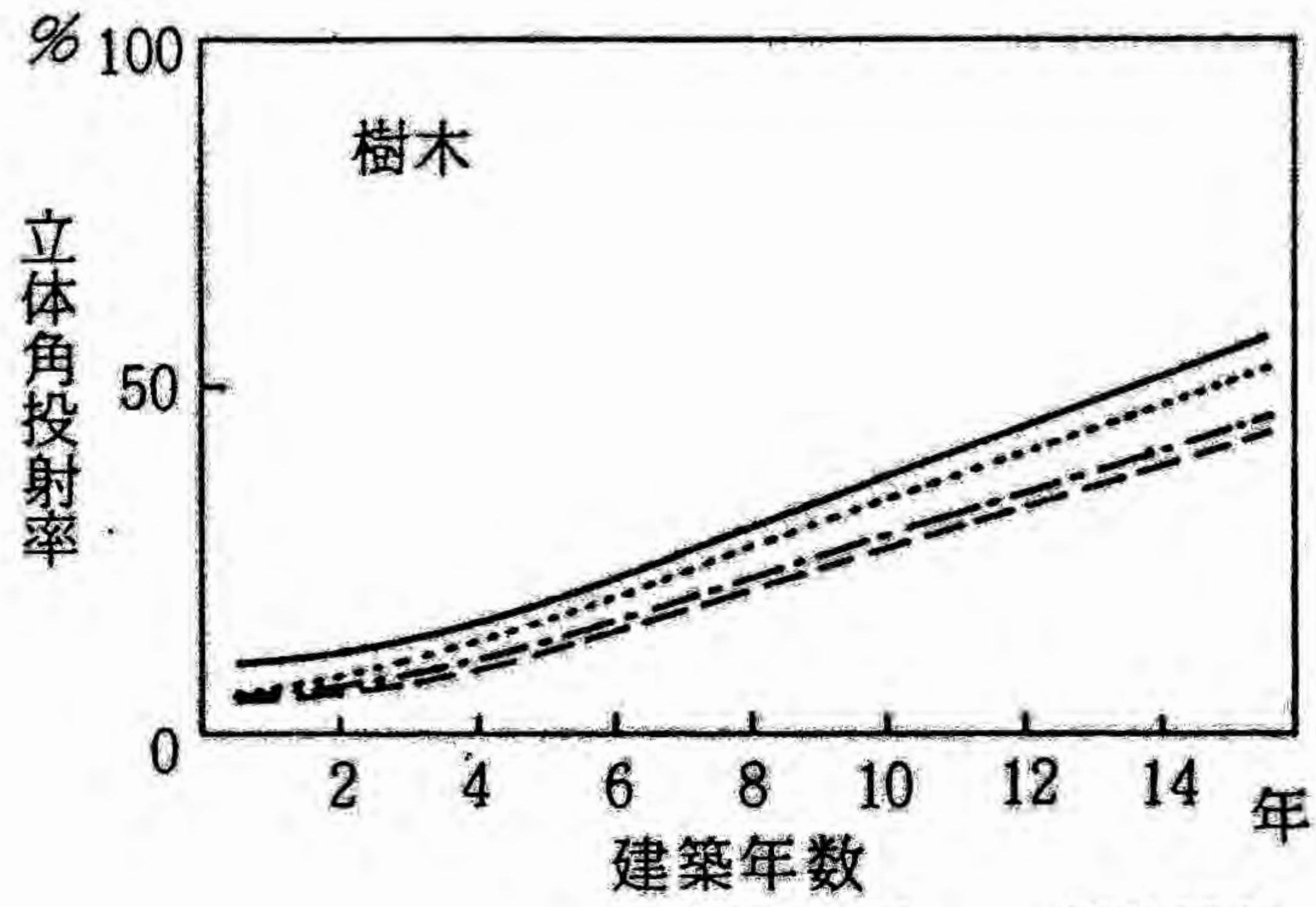


図3.1.5 建築年数と立体角投射率との関係(建築物)



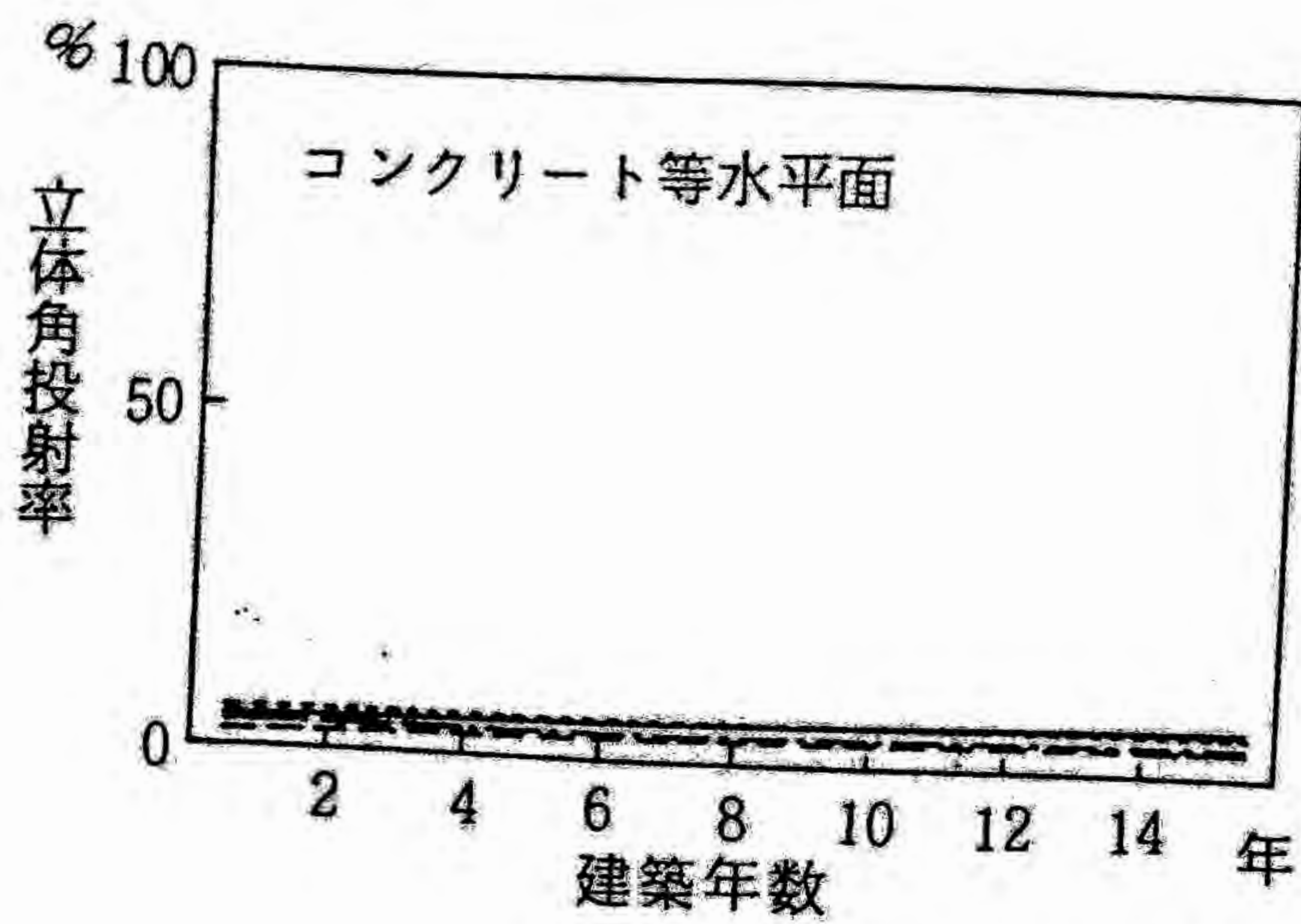
	決定係数	標準誤差
..... 北	0.36	0.95
———— 南	0.85	3.40
- - - - 東	0.33	9.14
- · - · 西	0.80	2.02

図3.1.6. 建築年数と立体角投射率との関係 (天空)



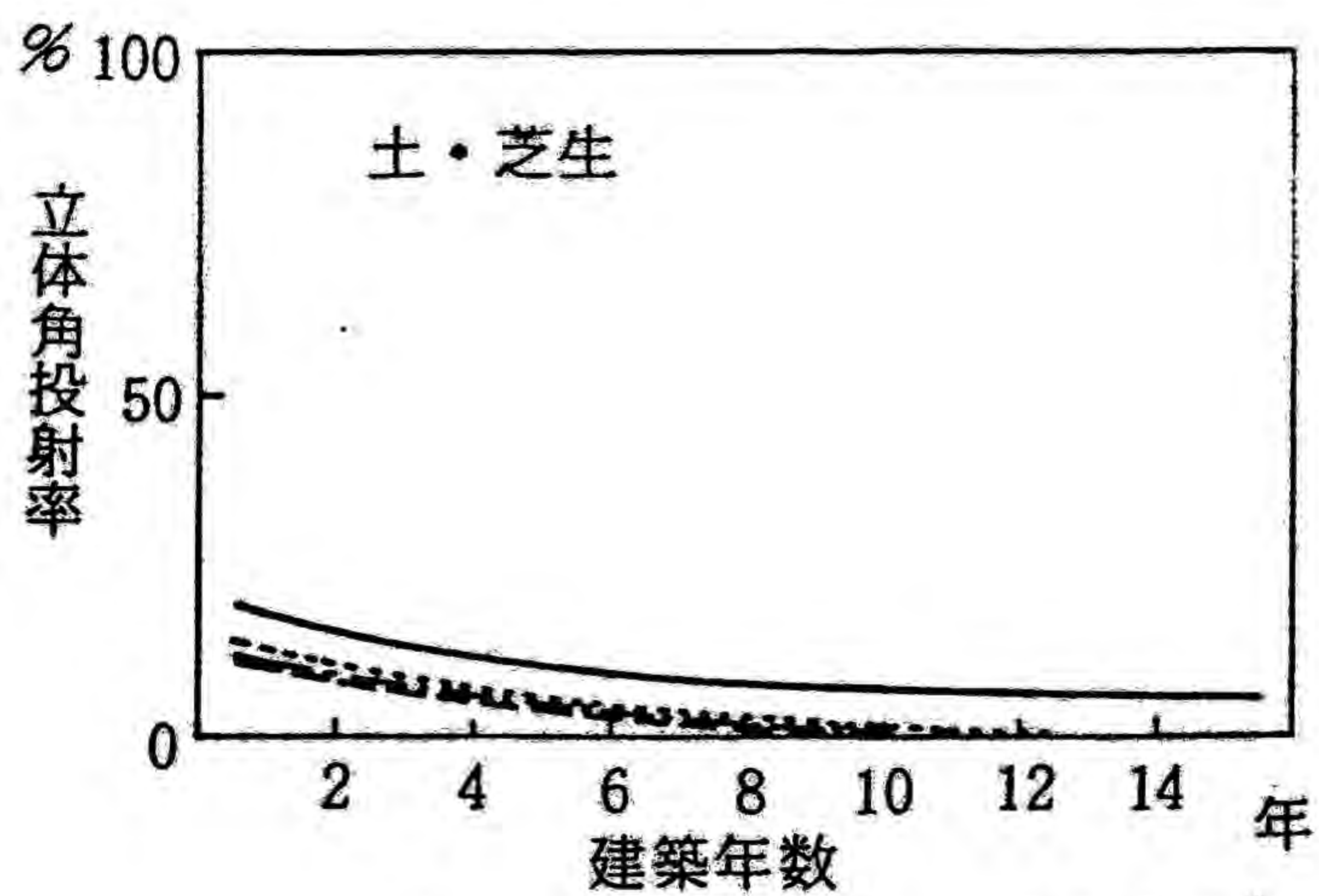
	決定係数	標準誤差
..... 北	0.99	0.42
———— 南	0.99	1.18
- · - · - 東	0.99	0.99
- - - - 西	0.98	2.06

図3.1.7 建築年数と立体角投射率との関係(樹木)



	決定係数	標準誤差
..... 北	0.01	3.10
———— 南	0.70	1.62
- · - · - 東	0.21	1.79
----- 西	0.80	1.01

図3.1.8 建築年数と立体角照射率との関係
(コンクリート等水平面)



	決定係数	標準誤差
..... 北	0.94	1.15
———— 南	0.58	4.03
- - - - 東	0.66	3.90
- · - · 西	0.84	1.94

図3.19 建築年数と立体角投射率との関係
(土・芝生)

3.2. 都市住宅の外部環境調査

3.2.1. 緒言

住宅室内の昼光環境は住宅の外部環境に大きく影響される。都市住宅においては特に住宅外部に建築物等の地物が多く存在し、その地物によって住宅に射入する直射日光は遮られ、外部に直射日光を遮るものが何もない場合と比較して日照時間が短縮される。天空部分からの昼光についても、住宅外部の建築物等によって天空部分が覆われるため外部に遮蔽物が何もない場合と比較して天空光による光量は減少し室内昼光率が低下する。すなわち、住宅外部に建築物等の地物が存在するか否か、また、どの程度存在するかによって住宅室内の昼光環境は変化し、その結果、居住者の室内昼光環境に対する評価も外部環境に影響され異なると考えられる。

しかし、住宅の外部環境には天空、建築物等を初めとする様々な環境要素が存在し、存在の仕方は複雑でありかつ個々に異なるためその取扱いは極めて困難である。それ故、住宅外部環境に関する具体的な資料は皆無であり、資料の不足から住宅設計者にとっても経験のみに頼らず将来に亘って外部環境の変動を予測して、居住者にとって快適な昼光環境を計画することは難しいといえる。

そこで本研究では、住宅の昼光環境に少なからず影響を及ぼすと考えられる、住宅外部環境の存在実態を明らかにするために、大阪府の第一種住居専用地域（以下、一種住専という）、第二種住居専用地域（以下、二種住専という）、住居地域の3用途地域を対象地域として取り上げ、住宅外部環境の実測調査を行った。ただし3.1.節において住宅外部環境の時系列変化を調査した結果¹⁾、住宅の外部環境は周辺にほぼ建築物が建ち並んで未利用の空地が無くなった時点より外部環境に際だった変動が認められないことがわかった（樹木を除く）。よって、周辺に未利用の空地がない住宅の外部環境を設計時点での住宅外部環境の将来像と考え本研究の調査対象とする。

3.2.2. 調査対象住戸

大阪府のメッシュデータ地図を基に、乱数表を用いて、一種住専、二種住専、住居地域の3用途地域から、各5地点、計15地点を調査対象地点として選定した。図3.2.1に調査地点分布を示す。

次に、各地点内で周辺に未利用の空地がないことを条件に、1地点当り11～14の住戸について実測調査を行った。ただし、研究段階で調査対象とした15地点の中で、二種住専の1地点が調査時期直前まで農村住宅地であったことが分かった。また検討の結果、この地点の住戸は他の調査対象住戸とは住宅規模、地区建蔽率、前面道路幅等に際違った差が認められた（危険率1%）。よって本研究では、当該地点（11住戸）を以下の検討結果より除外するものである。表3.2.1.に用途地域別調査戸数を示す。

さらに本研究では、縮尺2500分の1～1000分の1の住宅地図より、調査住戸および隣接住戸の建築面積の敷地面積に対する割合を求め各調査地点の建蔽率とした。

3.2.3. 調査概要

3.2.3.1. 実測方法

等距離射影方式の魚眼レンズを用いて、図3.1.3.と同様に各住戸の建物の4方向の外壁面で、地上1.5mの高さからカメラを水平上方向および水平下方向に向けて、東・西・南・北を主軸とした1住戸8枚の外部環境のスライド写真撮影を行った。

尚、測定は、年間を通じて樹木が葉を多く持つ8月初旬より9月中旬までに行なった。これは、樹木によって天空が遮られ室内昼光率の低下を招く危険性の最も高い時期といえ、この時期の測定結果に基づいて検討すれば住宅昼光環境の検討に関しては安全側の値を取ったと考えられる。

3.2.3.2 処理方法

各住戸の外部環境を撮影した方位別スライド写真より、図3.1.4.のように、東・西・南・北4方向の主軸を中心に90度分ずつの扇形を取り出し、上方向の4枚の扇形を合わせて1住戸の上方向水平面外部環境モデルとする。同様に下方向についても1住戸の下方向水平面外部環境モデルを作成する。つぎに、住宅の外部環境を建築物、樹木、芝生（土面を含む）、アスファルト等水平面（コンクリート、レンガ・石等を含む）および天空の5要素に分類する。

3.2.4. 測定結果

3.2.4.1. 直射日光の可照時間率

各々の住宅外部環境の実測スライド写真に日照時間図³⁾を重ねて、春秋分、

夏至、冬至日の直射日光の可照時間を求め方位別に中央値を求める。ここでいう直射日光の可照時間とは、外部環境に影響された結果住宅への直射日光の直接入射が可能な時間数をいう。さらに、北緯35度地点において天空を覆う地物が無い場合の可照時間を日照時間図より求め、実測調査に基づく4方位の可照時間中央値との比を用いて、調査住戸の可照時間率とし図3.2.2に示す。

以上の結果より、住宅における直射日光の可照時間は住宅外部の地物によって短縮されることが明らかである。南方向が概ね40~60%に、東方向が概ね30~50%に、西方向が概ね30~40%に、北方向が（夏至のみ）概ね10%に短縮されることが分かる。また、南方向、東方向では冬至において最も可照時間率が低くなっていることが分かる。

3.2.4.2. 住宅外部環境要素の出現位置

北、南、東、西4方向の主軸を中心にした90度分ずつの扇形を等仰角、等方位角22.5度毎に16分割し、各住戸毎に各々の分割部で占める面積が最も大きい外部環境要素を取り上げて、同一分割部について最頻出現要素を求める。この最頻出現要素に基づいて外部環境の鉛直面モデル図を作成し図3.2.3.に示す。ただしこのモデル化の手法によると、個々の住宅外部環境に占めていた樹木と芝生は鉛直面モデル図上には出現しない。芝生については一種住専のみで出現頻度が高いが他の用途地域では極めて低いためである。樹木についても各用途地域ともある程度の頻度を以て出現するが、その頻度は建築物を超えるものではないためである。そこで、樹木については特に各分割部中での樹木の出現頻度のみを対象に考え図中に出現率10%を1点としてプロットした。

以上の結果より、住宅の外部環境には外部環境要素の出現位置が交雑することなく各々まとまって出現していることが分かる。また、天空部分を覆って天空光による室内昼光率の低下を引き起こす地物は主として建築物であり、樹木が直接天空部分を覆う可能性は低いと考えられる。

3.2.4.3. 住宅外部環境要素の立体角投射率

本研究では、最も一般的な開口部である鉛直窓面より住宅室内に昼光が入射するものとする。よって、外部環境要素の立体角投射率の算定は鉛直面を対象として行い、各住戸の上方向および下方向の外部環境モデルより図3.2.4.に示す図中の1点が鉛直面での立体角投射率0.1%を表す図を重ねて、各住戸の鉛直面

での外部環境要素の立体角投射率を求める。

次に、道路に面した側（以下、道路側）での測定結果と隣地に面した側（以下、隣地側）での測定結果に分類し、方位別に調査地区毎の立体角投射率中央値を求めて地区建蔽率の2次関数により回帰する。回帰式を表3.2.2.に示す。さらに回帰式による推定値と実測値（中央値）との相関係数、および標準誤差を表3.2.3.に示す。また、調査地点建蔽率と南の外部環境要素中央値との関係について図3.2.5.～図3.2.9.に示す。

表3.2.3.より、外部環境要素の立体角投射率は、地区建蔽率の2次関数によって回帰された推定値と高い相関が認められる（相関係数 0.41～0.88）ことが判る。住宅外部環境を要素別にみると、南以外の方位においても要素別に近似した傾向を示しており、概ね建築物の立体角投射率が最も高く全外部環境の30～90%を占めている。（ただし建蔽率が30～50%の場合のみ樹木が建築物を上回る。）また、南と同様、他方位においても、建築物、アスファルト等水平面の立体角投射率は、建蔽率の増加にともなって増加する傾向が認められ、逆に天空、樹木、芝生の立体角投射率は建蔽率の増加にともなって減少する傾向が認められる。

さらに、道路側での測定結果と隣地側での測定結果とを比較すると、全方位の芝生、および西のアスファルト等水平面を除き、両者の外部環境要素の立体角投射率間に差が認められる（危険率5%）。特に、建築物については道路側と隣地側での立体角投射率の推定値間に差が大きく、概ね隣地側が道路側より15～40%高いといえる。

室内の昼光環境に特に関連が深いと思われる天空の立体角投射率については、建蔽率の増加にともなって減少する傾向はあるものの、樹木、芝生のように0に収束することはないと考えられる。また天空の立体角投射率は、隣地側と道路側では道路側が高いといえ、その差は北約20%、南約10%、東約15%、西約15%で、ほぼ一定の差を持って建蔽率の増加にともない減少していると考えられる。

3.2.5. まとめ

住宅外部には天空、建築物等を初めとする様々な環境要素が複雑に存在し、かつ個々に異なるため、その取扱いは極めて困難である。しかし、本研究において住宅の外部環境を5要素に分類し実測調査を行った結果、住宅の外部環境

を平均的に捉えると各外部環境要素は要素毎にまとまって存在し、上方より天空、建築物、アスファルト等水平面の順に出現することが明かになった。また、住宅における直射日光の可照時間についても外部に遮蔽物が何もない状態に比べ時間が短縮されることを明らかにすると共に、方位別に可照時間率を示した。ただし、樹木についてはほとんどが建築物上（建築物の手前）に存在しており、特に天空を覆って住宅の昼光環境を悪化させる要因ではないことが分かった。しかし筆者らの研究結果⁴⁾によると、居住者にとって樹木は隣家の建築物から受ける心理的圧迫感を緩和したりプライバシー確保のために重要な役割を果たしていると考えられ、今後の課題として住宅の外部環境における樹木の配置や量と居住者評価との関係についてはより慎重に検討する必要性が感じられる。

また本研究の結果、住宅の外部環境は要素別、方位別に住宅周辺の建蔽率によって推定可能であることが判った。また、住戸の道路側と隣地側では外部環境要素の物理量に差が認められることが明らかになったので、今後住宅の外部環境を考える場合両者は別々に取り扱われるべきであると考えられる。

本研究は基礎的段階であるので、大阪府のみを調査対象地区として取り上げたが、今後、本研究と同様の手法で、他地域での測定を繰り返し、外部環境の地域的特性の把握も可能であると考えられる。

引用文献

- 1) 岩田三千子・中根芳一：住宅昼光環境の時系列変化に関する研究、大阪市立大学生生活科学部紀要、Vol.36 pp.99~104 1988
- 2) 大野治代・佐藤隆二・檜崎正也：地物反射光の設計用資料に関する検討、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系、Vol.23 pp.13~16 1983
- 3) 日本建築学会編：「日照の測定と検討、日本建築学会設計計画パンフレット24」、p.8 1977
- 4) 伏原三千子・土井正・中根芳一：昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その2. 周辺環境構成要素要素の窓面での立体角投射率と居住者の評価との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.345~346 1984

表3.2.1 用途地域別調査戸数

用途地域	戸数
一種住専	62
二種住専	51
住居地域	65
合計	178

表 3. 2. 2.

建蔽率(x)による立体角投射率(y)回帰式

方位	測定場所	外部環境要素	回帰式	相関係数	標準誤差
北	道路側	建築物	$y = 12.71 + 1.07x - 0.0078x^2$	0.41	8.25
		天空	$y = 39.53 - 0.50x - 0.0036x^2$	0.54	2.89
		樹木	$y = 19.08 + 0.13x - 0.0043x^2$	0.70	7.00
		7x7x7等水平面	$y = -18.98 + 0.80x - 0.0027x^2$	0.84	5.50
		芝生・土	$y = 19.31 - 0.52x + 0.0042x^2$	0.51	3.21
		建築物	$y = 28.67 + 1.53x - 0.0099x^2$	0.65	8.66
	隣地側	天空	$y = 18.49 - 0.37x - 0.0022x^2$	0.74	1.98
		樹木	$y = 11.73 - 0.11x - 0.00038x^2$	0.64	3.16
		7x7x7等水平面	$y = -8.83 + 0.49x - 0.0042x^2$	0.22	4.38
		芝生・土	$y = 13.88 - 0.45x + 0.0036x^2$	0.70	1.14
		建築物	$y = 53.27 - 1.28x + 0.018x^2$	0.67	13.37
		天空	$y = 47.72 - 0.83x + 0.0049x^2$	0.70	4.90
南	道路側	樹木	$y = 24.05 + 0.73x - 0.014x^2$	0.70	14.41
		7x7x7等水平面	$y = -2.28 + 0.16x + 0.0012x^2$	0.46	9.64
		芝生・土	$y = 57.67 - 1.63x + 0.012x^2$	0.81	4.41
		建築物	$y = -5.93 + 2.01x - 0.0096x^2$	0.81	11.71
		天空	$y = 47.57 - 1.14x + 0.0072x^2$	0.82	4.08
		樹木	$y = 69.66 - 1.97x + 0.014x^2$	0.92	3.12
	隣地側	7x7x7等水平面	$y = -8.92 + 0.38x - 0.0022x^2$	0.51	3.74
		芝生・土	$y = 48.78 - 1.48x + 0.011x^2$	0.80	3.56
		建築物	$y = -3.87 + 1.30x - 0.0058x^2$	0.64	12.41
		天空	$y = 47.14 - 0.95x + 0.0071x^2$	0.55	4.82
		樹木	$y = 59.90 - 1.27x + 0.0067x^2$	0.77	7.20
		7x7x7等水平面	$y = -52.62 + 2.11x - 0.15x^2$	0.83	4.49
東	道路側	芝生・土	$y = 26.70 - 0.81x + 0.0063x^2$	0.71	2.39
		建築物	$y = -21.77 + 3.12x - 0.022x^2$	0.73	11.06
		天空	$y = 30.23 - 0.78x + 0.0059x^2$	0.70	2.42
		樹木	$y = 47.15 - 1.39x + 0.010x^2$	0.78	3.75
		7x7x7等水平面	$y = -7.29 + 0.28x - 0.0012x^2$	0.76	2.28
		芝生・土	$y = 25.09 - 0.79x + 0.0062x^2$	0.85	1.37
	隣地側	建築物	$y = 21.58 + 0.70x - 0.0037x^2$	0.54	7.49
		天空	$y = 30.30 - 0.23x + 0.0011x^2$	0.53	2.79
		樹木	$y = 32.05 - 0.32x - 0.0012x^2$	0.73	6.66
		7x7x7等水平面	$y = 4.32 - 0.33x + 0.0083x^2$	0.85	5.61
		芝生・土	$y = 19.81 - 0.59x + 0.0045x^2$	0.64	2.23
		建築物	$y = -6.77 + 2.53x - 0.017x^2$	0.85	7.43
西	隣地側	天空	$y = 23.41 - 0.83x + 0.0065x^2$	0.87	1.55
		樹木	$y = 35.81 - 1.04x + 0.0071x^2$	0.76	3.81
		7x7x7等水平面	$y = -6.88 + 0.31x - 0.0020x^2$	0.61	2.11
		芝生・土	$y = 13.61 - 0.36x + 0.0024x^2$	0.77	1.40

3.2.3 外部環境要素の立体角投射率の、巨構式による推定値と実測値との相関係数および標準誤差

方位	統計値	道路側					隣地側				
		建	天	樹	ア	芝	建	天	樹	ア	芝
北	相関係数	0.41	0.54	0.70	0.84	0.51	0.65	0.74	0.64	0.22	0.70
	標準誤差	8.25	2.89	7.00	5.50	3.21	8.66	1.93	3.16	4.38	1.14
南	相関係数	0.67	0.70	0.70	0.46	0.81	0.81	0.82	0.92	0.51	0.80
	標準誤差	13.37	4.90	14.41	9.64	4.41	11.71	4.08	3.12	3.74	3.56
東	相関係数	0.64	0.55	0.77	0.88	0.71	0.73	0.70	0.78	0.76	0.85
	標準誤差	12.41	4.82	7.20	4.48	2.3	11.06	2.42	3.75	2.28	1.37
西	相関係数	0.54	0.53	0.73	0.85	0.64	0.85	0.87	0.76	0.61	0.77
	標準誤差	7.49	2.79	6.66	5.61	2.23	7.46	1.59	3.81	2.11	1.40

建：建築物 天：天空 樹：樹 ア：アスファルト等水平面 芝：芝生



图 3.2.1 大平原下位温点分布图

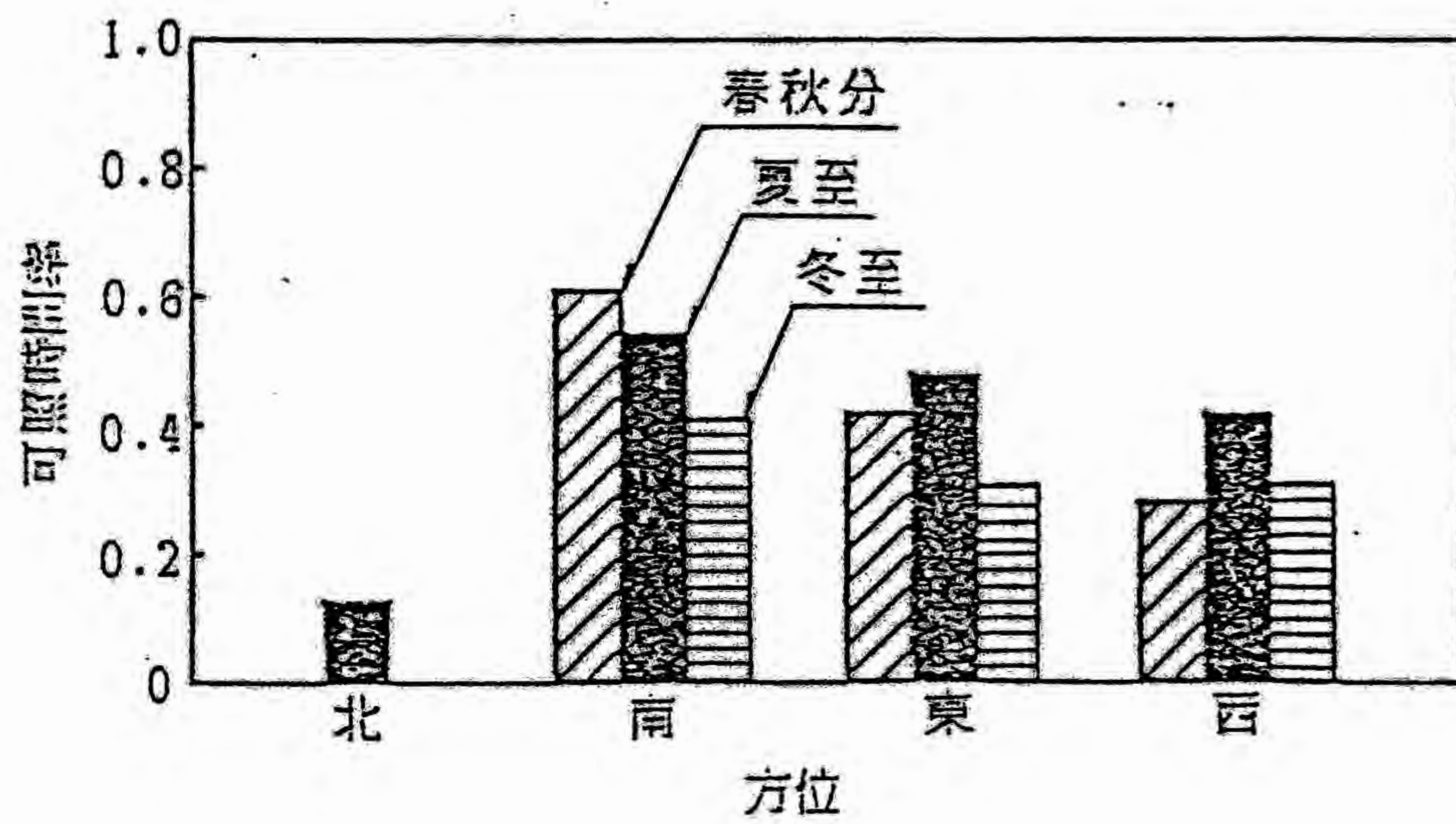


図3.2.2 直射日光の可照時間率

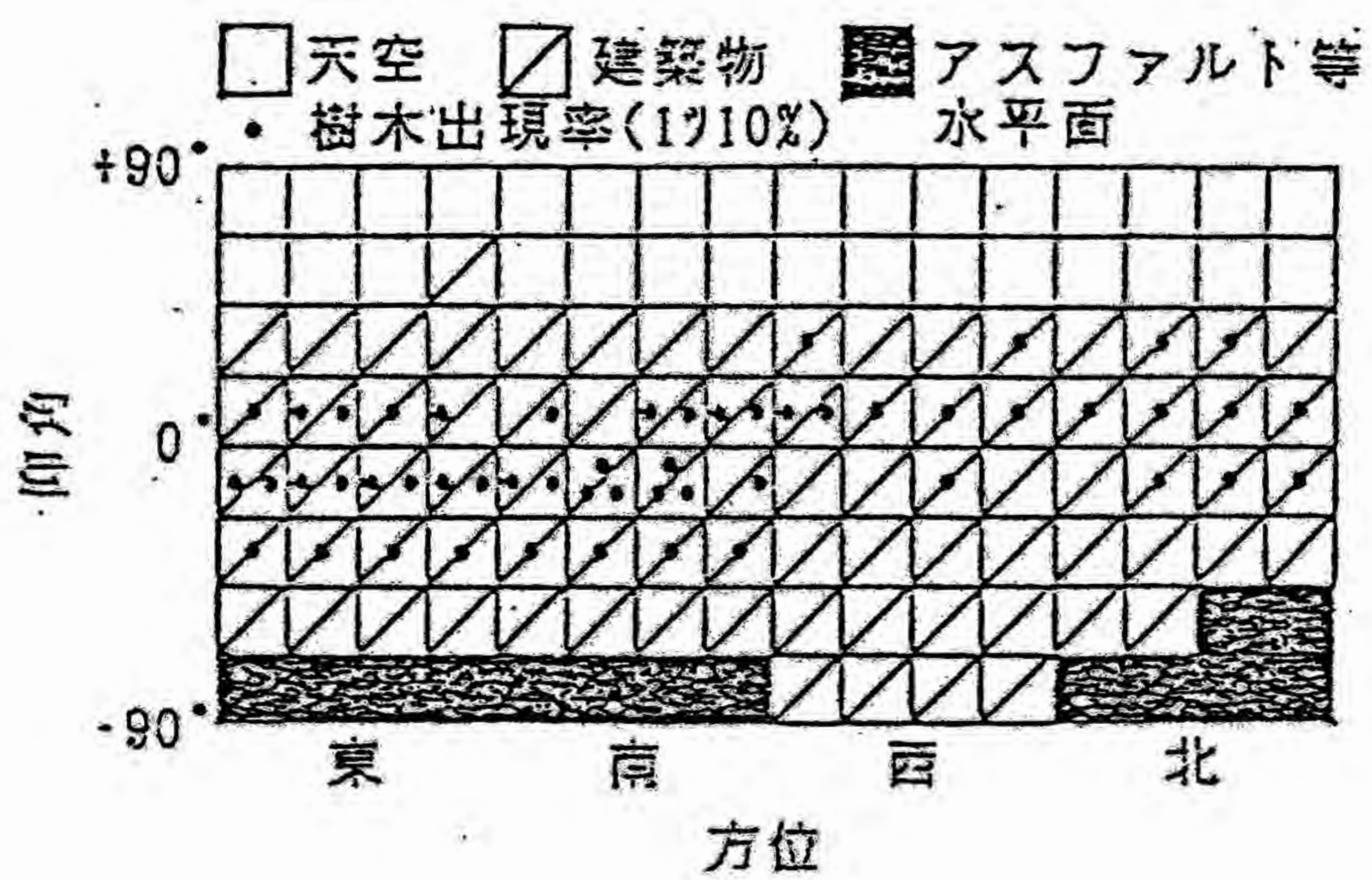


図3.2.3 住宅外部環境の鉛直面モデル図

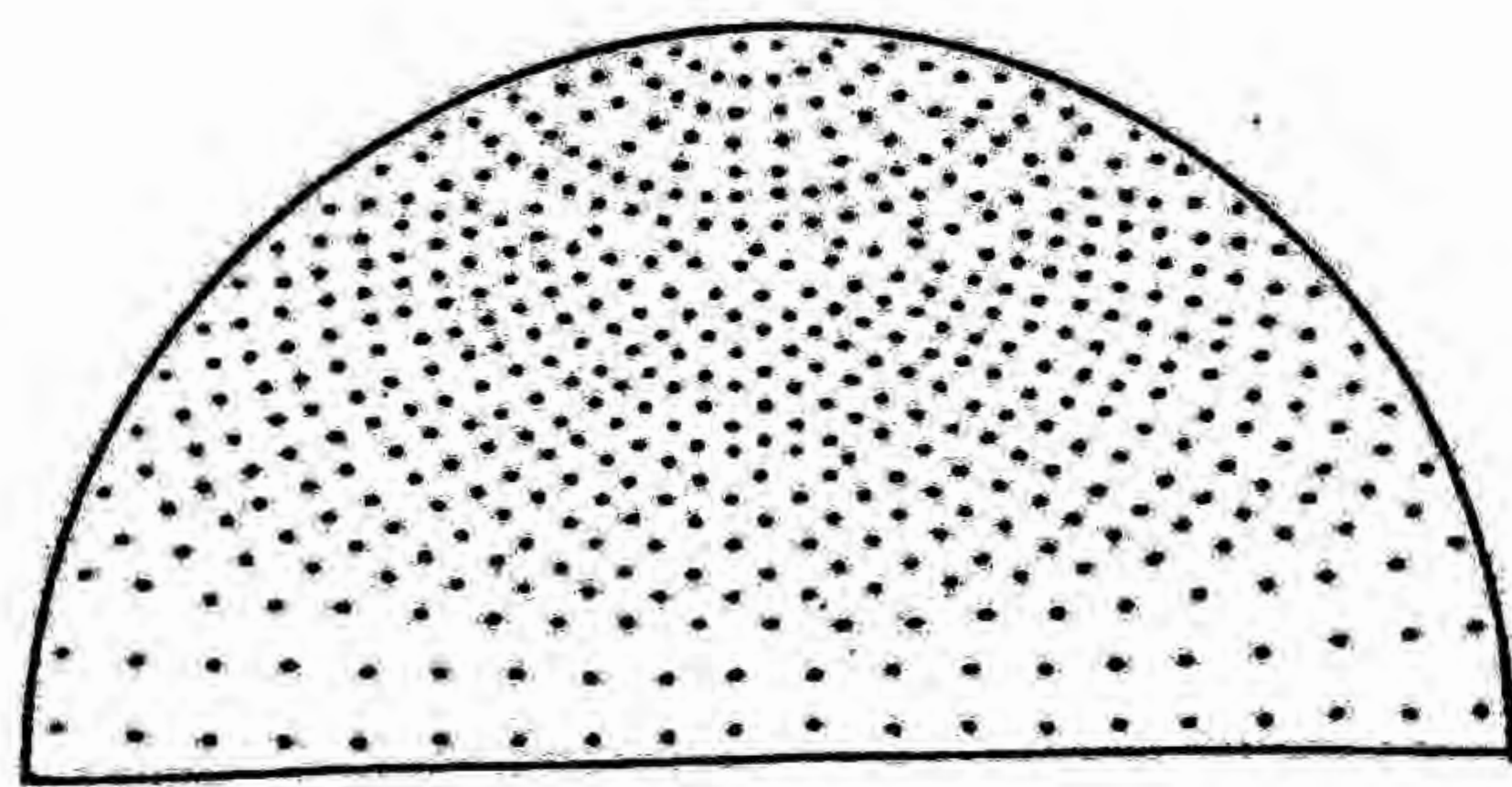


図3.2.4. 等距離射影による上方向外部環境モデルより、鉛直面での立体角投射率を算定する図
(1点0.1%)

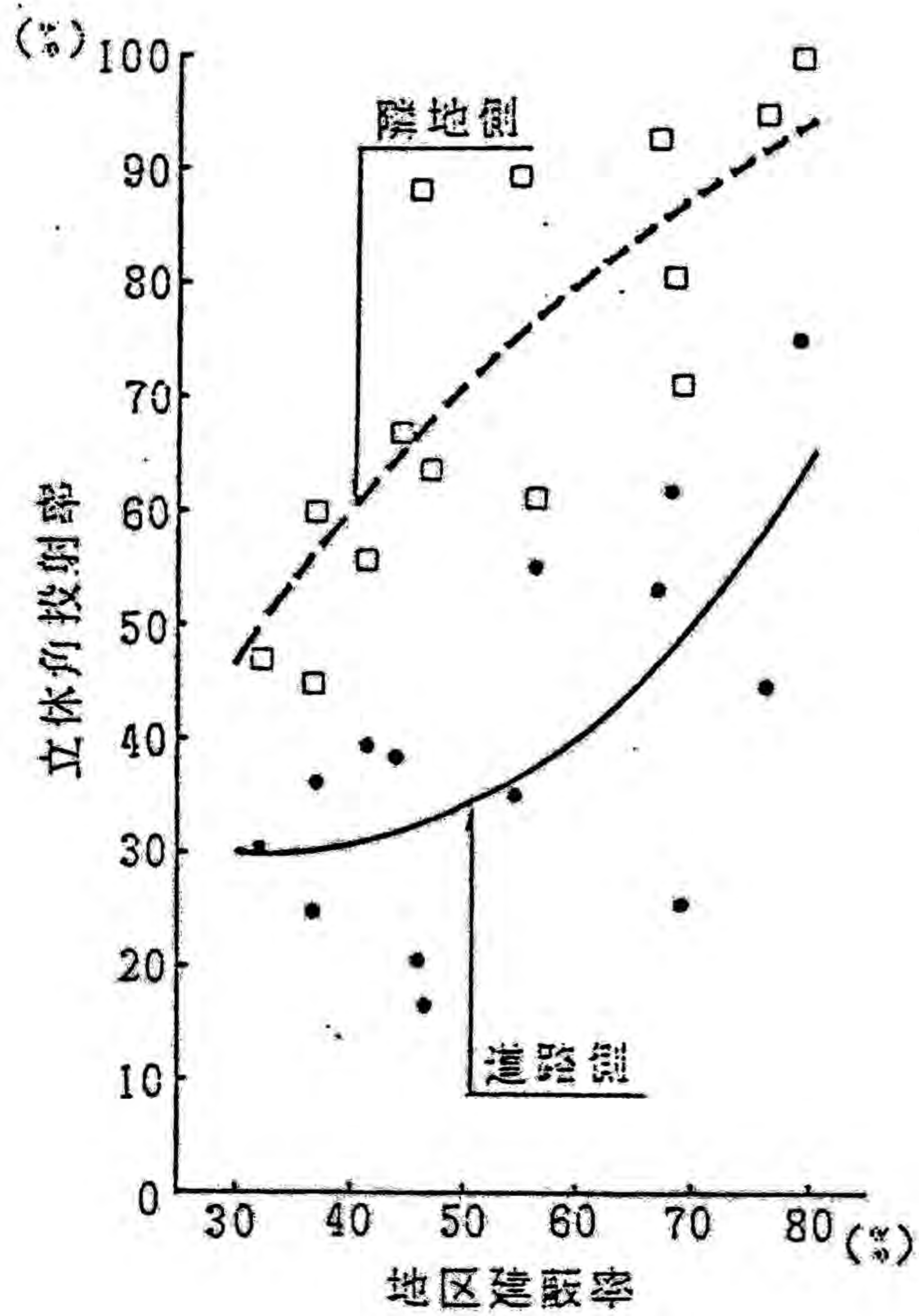


図3.2.5 建築物の立体角投射率(南)

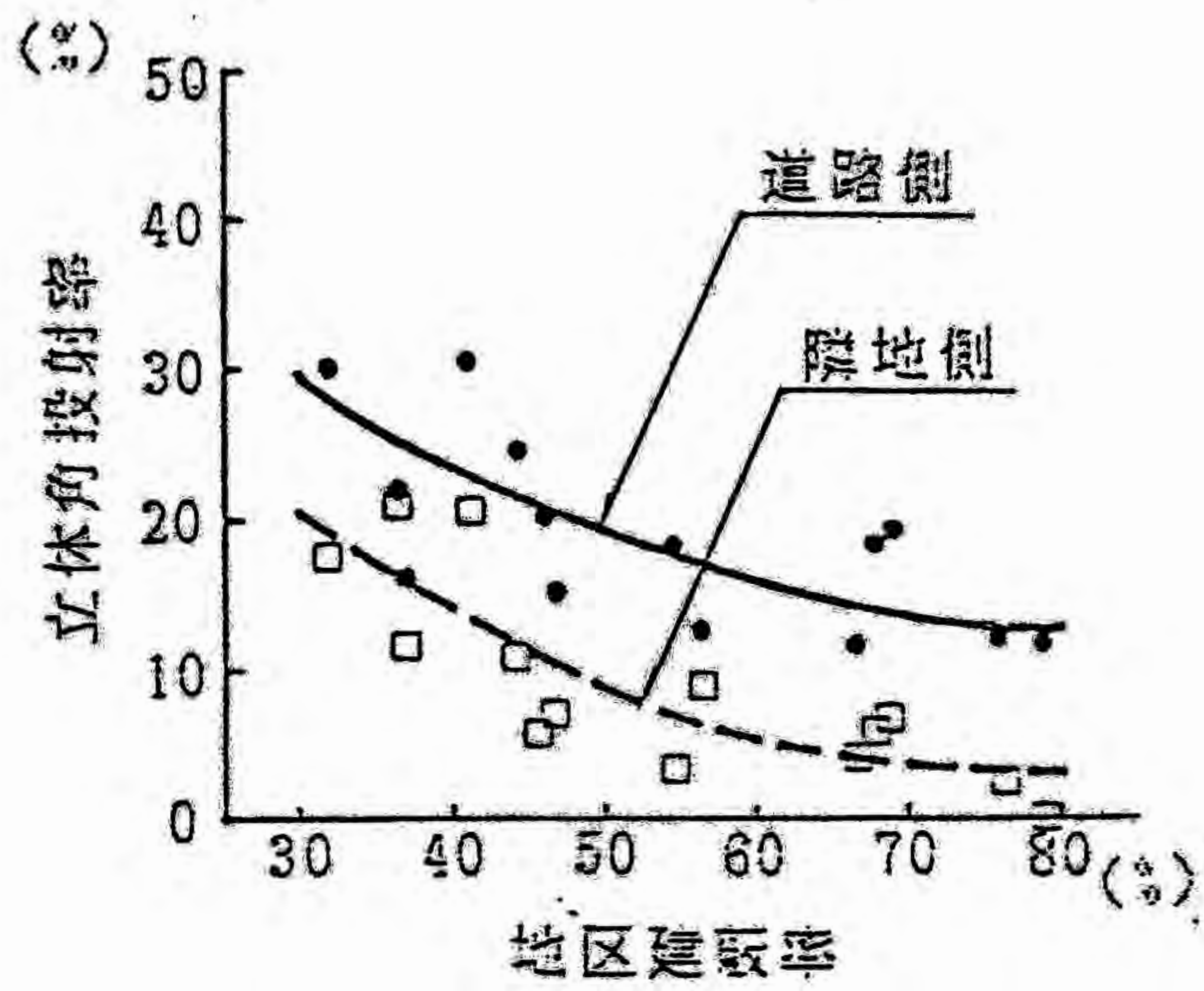


図3.2.6 天空の立体角投射率 (南)

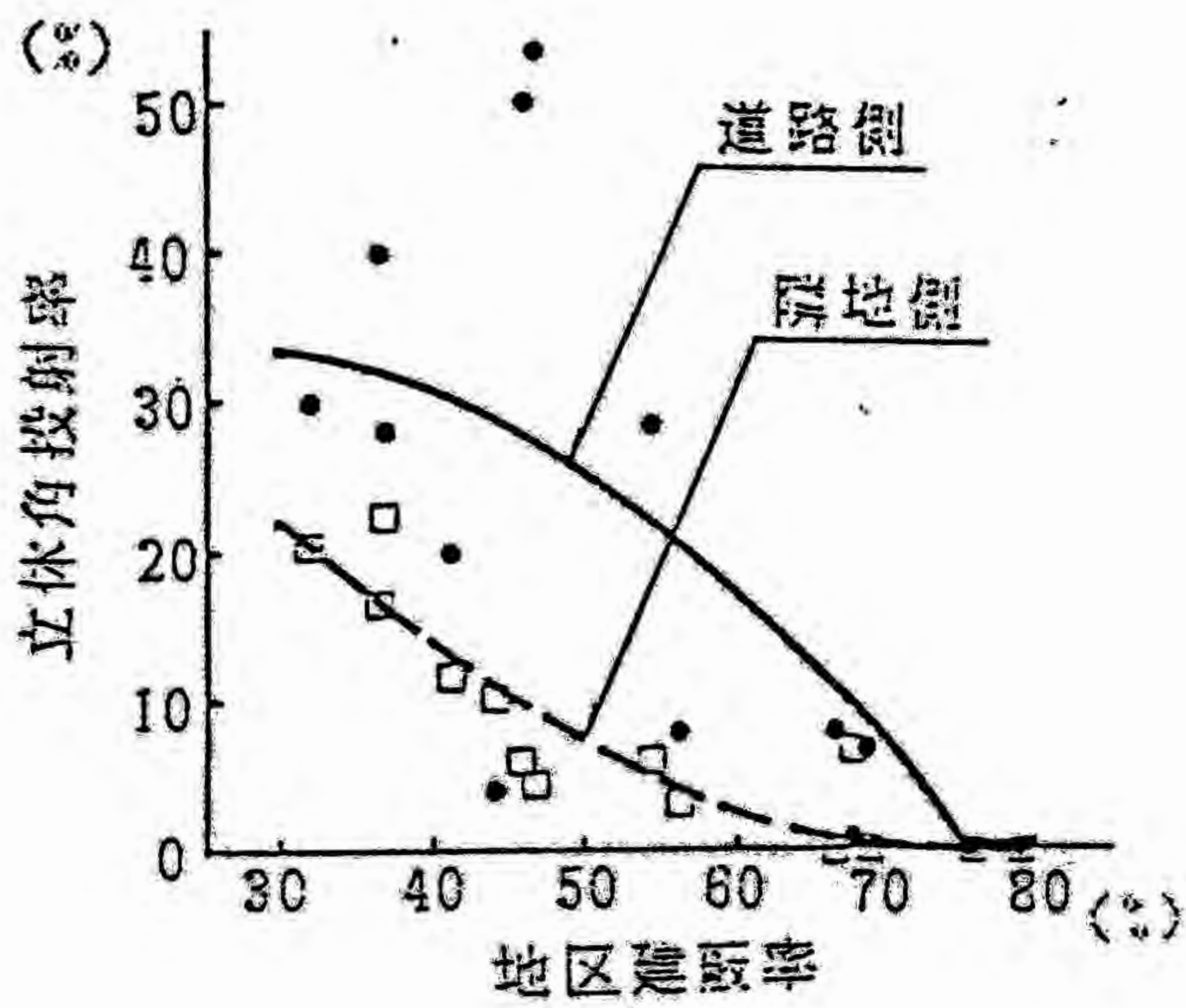


図3.2.7 樹木の立体角投射率(南)

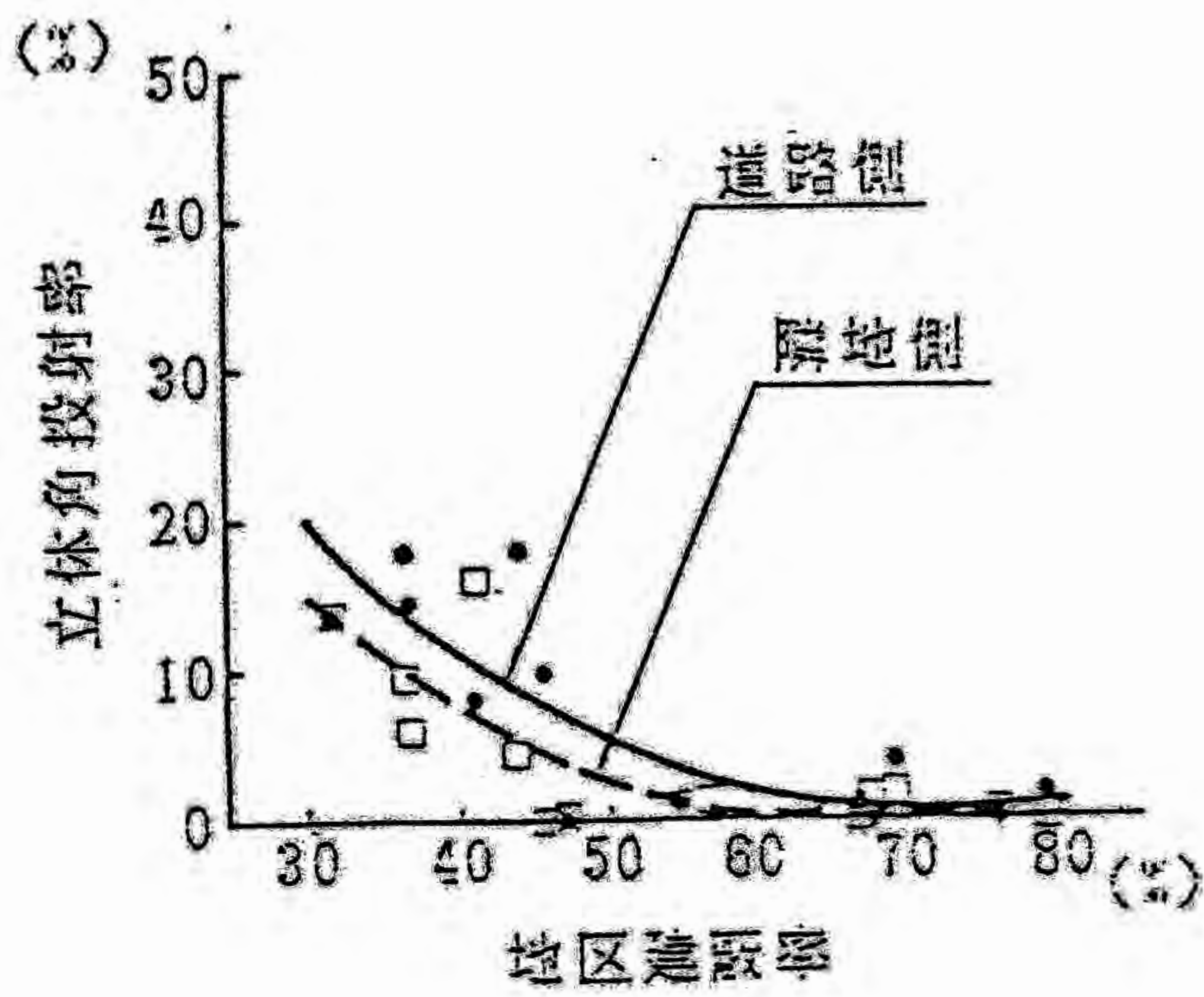


図3.2.8 芝生の立体角投射率 (南)

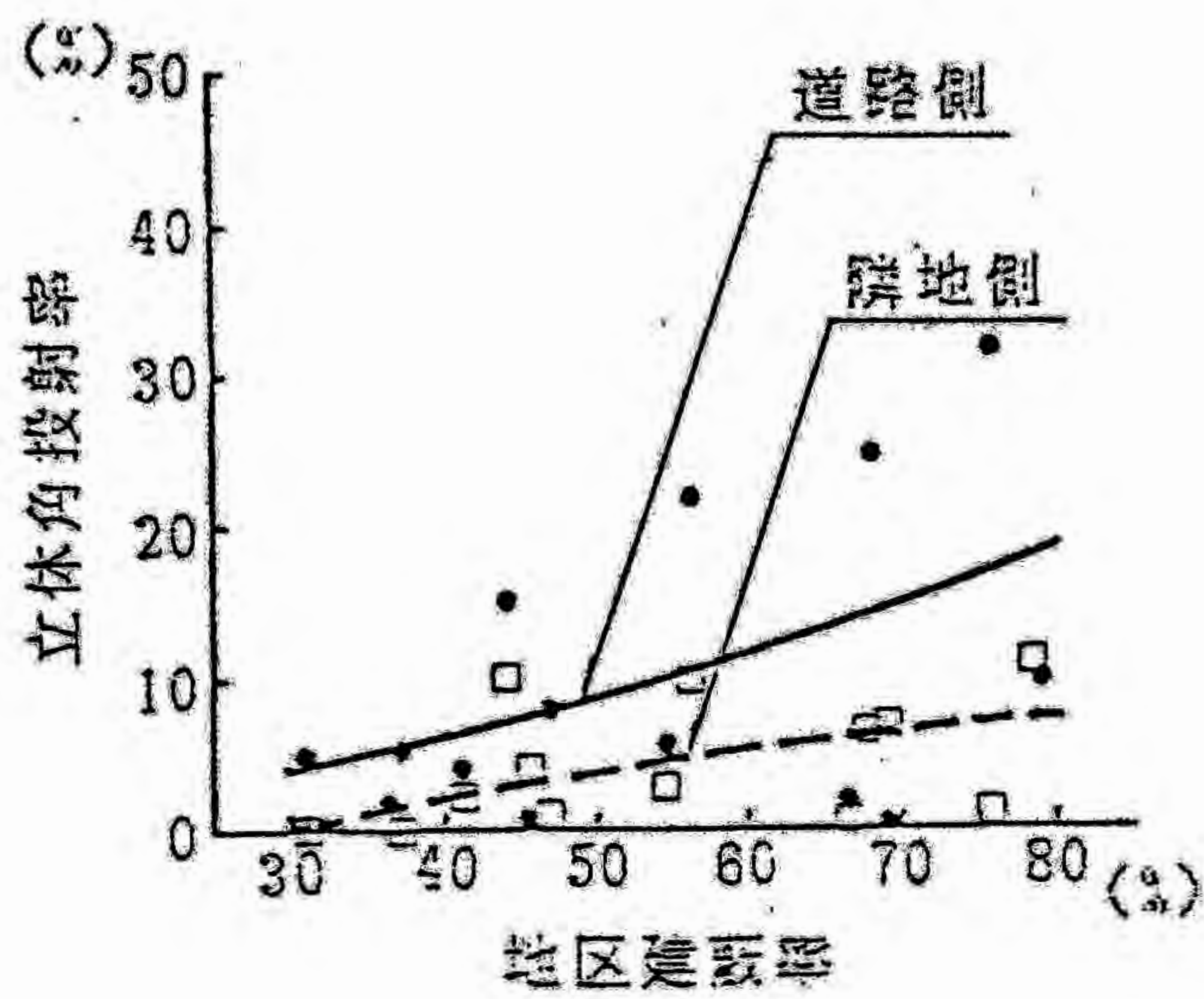


図3.2.9 アスファルト等水平面の立体角投射率 (南)

4. 窓装備の設計用資料化

4.1. 光拡散性固定型ブラインドによる作業面照度分布

4.1.1. 緒言

中根ら¹⁾は、直射日光をも含む昼光照明設計法の確立をめざして、実用上十分な光拡散性能を備え、かつ、従来のベネチアンブラインドで生じた、直射日光の遮蔽に伴う天空光成分の過度の排除をも防ぐことのできる、光拡散性固定型ブラインドの開発を行った。その際実測により、光拡散性固定型ブラインドにおける、直射日光、天空光、地物反射光に基づく透過指向係数（室内測定点よりのブラインド面の輝度 (cd/m^2) ／ブラインド外側面での昼光照度 (lx))を求めた。

さらに中根ら¹⁾は、光拡散性固定型ブラインドにおいては、直射日光の入射高度、および、入射方位角に伴う透過指向係数は、入射光（直射日光）のプロファイル角が変化してもその分布形状には殆ど変化がみられず、レベルのみが変化するだけであることを述べた。

次に、本研究では、直射日光をも含む総合的な昼光照明設計法の確立の一端として、光拡散性固定型ブラインドを窓に装備した場合の、模型室実験による実測値、および、理論計算値を基に、作業面直接照度分布、作業面間接照度分布を求め、実用的精度での昼光照明設計法について考察を行うものである。

4.1.2. 光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数¹⁾

光拡散性固定型ブラインドにおける直射日光、天空光、地物反射光の、各々の昼光成分による透過指向係数分布図を、図4.1.1、図4.1.2、図4.1.3に示す。

ただし、図4.1.1の直射日光の透過指向係数については、直射日光の入射高度 $h=30^\circ$ 、入射方位角 $\phi=0^\circ$ の場合について示す。

直射日光の透過指向係数は、入射光（直射日光）の入射高度、および、入射方位角が変動してもその分布形状には殆ど変化がみられず、レベルのみが変化する。そのレベル変化は、直射日光の入射高度 $h=30^\circ$ 、入射方位角 $\phi=0^\circ$ における係数を1として、図4.1.4に示す、入射光のプロファイル角に伴う係数 τ を乗ずることによって求められる。 τ は次式より算定できる。

$$\tau = -0.0073ph + 1.22 \quad (4.1.1)$$

（相関係数 -0.999 、信頼度99%で有意）

ここに、 τ : 入射光のプロフィール角に伴う係数

ph : 入射光のプロフィール角 (°)

ただし、入射光のプロフィール角phと、入射光の入射高度h、および、入射方位角 ϕ との関係を図4.1.5に示す。すなわち、入射光のプロフィール角phは次式により算定できる。

$$\text{ph} = \tan^{-1}(\tan h / \cos \phi) \quad (4.1.2)$$

ここに、ph : 入射光のプロフィール角 (°)

h : 入射光の入射高度 (°)

ϕ : 入射光の入射方位角 (°)

4.1.3. 測定装置

実際の1/5縮尺を考えた模型室の開口部に、光拡散性固定型ブラインドを装備し、作業面(H=150mm)位置での昼光照度分布を測定する。模型室各部の概要を図4.1.6に示す。

模型室の作業面には、シリコン光電池(シャープ社製IS 107S)の受光部を持つ照度計を100mm間隔で設置する。これよりOPアンプ回路で出力信号を増幅してデータロガー(英弘精機社製MODEL MP 090)に送り、模型室内の作業面昼光照度分布を求めた。

4.1.4. 測定方法

周辺地物の影響を受けにくい大阪市立大学生活科学部学舎屋上に、図4.1.6の模型室を設置した。その際、実際の直射日光が、模型室の光拡散性固定型ブラインド窓面に入射しないように、模型室の開口部(窓)が北向きにくるように配慮し、以下の測定を行った。

まず、直射日光の季節・時刻による入射角の変動を考慮し、夏至、春秋分、冬至の日の8時、9時、10時、12時、15時、17時、18時を想定して、入射光の高度、および、方位角を決める。ただし、入射光の高度、および、入射光の方位角は、図4.1.7の太陽位置図²⁾より、夏至、春秋分、冬至の日の、北緯35度、東経135度に於ける太陽位置に基づく。

次に、鏡を用いて実際の直射日光を反射させ、想定した入射高度、および、入射方位角でブラインド窓面に入射し、室内の作業面昼光照度分布を測定する。

ただし、直接成分のみの作業面照度分布の測定は、室内表面よりの反射成分

を排除するために、室内表面（天井面、側壁面、奥壁面、床面）を、極めて0に近い反射率を持つ黒色つや消塗料で仕上げた模型室について行った。

室内表面からの反射による間接成分を含む作業面照度分布の測定は、天井面反射率0.7、壁面反射率0.4を想定して、グレー系つや消塗料を塗布して仕上げたアルミ板を、模型室の天井面、および壁面に接着して測定を行った。

4.1.5. 理論計算の方法

昼光による作業面照度は、図4.1.8の算定フローにしたがって、直射日光、天空光、地物反射光別に、窓(窓装備を含む)を透過した各昼光成分による直接照度、および、間接照度の和として算定することができる。すなわち、

$$E_T = E_D + E_R \quad (4.1.3)$$

ここに、 E_T : 昼光による作業面照度(lx)

E_D : 昼光による作業面直接照度(lx)

E_R : 昼光による作業面間接照度(lx)

昼光による作業面直接照度、および、作業面間接照度の算定法を以下に示す。

4.1.5.1. 作業面直接照度

作業面での直接照度は、室内側より見たブラインド窓面を鉛直面の光源と考えて、作業面測定点での直接照度を算定する。以下にこれを示す。

まず、ブラインド窓面を3cm角のグリッドに分割する。次に、分割したグリッド1つ分について、直射日光、天空光、地物反射光各々の昼光成分の、ブラインド外側面での昼光照度、ブラインド窓面から作業面へ向かう透過指向係数、および、分割したブラインド窓面グリッドの作業面に対する立体角投射率に基づいて、グリッド1つ分からの直接照度を求める。

さらに、作業面より上方のグリッド全部について加算し、作業面測定点での直接照度を算定する。すなわち、

$$E_D = \sum n \cdot T \cdot U \cdot E_U \quad (4.1.4)$$

ここに、 E_D : 昼光による作業面直接照度(lx)

T : ブラインド窓面から作業面へ向かう透過指向係数(cd/m²/lx)

U : 分割したブラインド窓面グリッドの作業面に対する立体角投射率

E_U : ブラインド外側面での昼光照度(lx)

4.1.5.2. 作業面間接照度

作業面での間接照度は、室内の天井面、壁面を光源と考えて、各々の室内表面を3cm角のグリッドに分割し、その各部分についての昼光照度を求め、分割した室内表面グリッドの反射率、および、室内表面グリッドの作業面に対する立体角投射率に基づいて、作業面より上方の各グリッドからくる反射光照度を全て加算し算定する。すなわち、

$$E_R = \sum \rho \cdot U \cdot E_W \quad (4.1.5)$$

ここに、 E_R : 昼光による作業面間接照度(lx)

ρ : 分割した室内表面グリッドの反射率

E_W : 分割した室内表面グリッドの作業面に対する立体角投射率

また、作業面切断法³⁾による作業面間接照度の算定結果についても検討する。作業面切断法による間接照度は次式で算定できる。

$$E_R = ((F_1 \cdot \rho_1 + F_2) \rho_2 / (A(1 - \rho_1 \cdot \rho_2))) \quad (4.1.6)$$

ここに、 E_R : 昼光による作業面間接照度(lx)

F_1 : 作業面よりも上からくる直接入射光束
(lm)

F_2 : 作業面よりも下からくる直接入射光束
(lm)

ρ_1 : 作業面より下の等価反射率

ρ_2 : 作業面より上の等価反射率

A : 作業面の面積(m²)

ただし、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備した場合、作業面よりも上からくる直接入射光束、および、作業面よりも下からくる直接入射光束は、ブラインド外側面での昼光照度に、表4.1.1に示す、光拡散性固定型ブラインドの見かけの透過率¹⁾を乗じて、次式により算定できる。

$$F_1 = E_0 \cdot \sigma_1 \cdot W_1 \quad (4.1.7)$$

$$F_2 = E_0 \cdot \sigma_2 \cdot W_2 \quad (4.1.8)$$

ここに、 F_1 : 作業面よりも上からくる直接入射光束
(lm)

E_0 : ブラインド外側面での昼光照度(lx)

σ_1 : 光拡散性固定型ブラインドの下向の見かけの透過率

W_1 : 作業面より上方の窓面積(m^2)

F_2 : 作業面よりも下からくる直接入射光束
(lm)

σ_2 : 光拡散性固定型ブラインドの上向の見かけの透過率

W_2 : 作業面より下方の窓面積(m^2)

4.1.6. 結果および考察

4.1.6.1. 作業面直接照度分布

4.1.6.1.1. 直射日光の入射高度による変動

直射日光の入射高度に伴う作業面直接照度分布の変動を比較するために、太陽方位角が 0° (正南方向)の場合の春秋分、夏至、冬至の日の12時の太陽位置を想定し、実測に基づいて、南向き開口部を持つ模型室の作業面直接照度分布を求めた。ブラインド外側面での昼光照度との比を用いて、図4.1.9、図4.1.10、図4.1.11に各々の作業面直接照度比分布を示す。

ただし、想定した太陽高度は春秋分 56° 、夏至 78° 、冬至 32° 、太陽方位角は全て 0° である。

図4.1.9、図4.1.10、図4.1.11より、光拡散性固定型ブラインドを窓に装備した場合の春秋分、夏至、冬至の室内照度比分布形状は等しく、ほぼ左右対称に分布していることがわかる。照度比レベルについては、直射日光の入射高度の変動に伴いブラインドの透過率が変化するために、冬至、春秋分、夏至の順に若干低くなっていることがわかる。

よって、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備した場合、直射日光の入射高度の変動に伴う作業面直接照度比分布は、その分布形状には差が見られず、レベルのみが変化していることが、本研究の実測によっても明らかになったといえる。

4.1.6.1.2. 直射日光の入射方位角による変動

直射日光の入射方位角に伴う作業面直接照度分布の変動を比較するために、夏至の日の9時、および、15時を想定し、実測に基づいて、南向き開口部を持つ模型室の作業面直接照度分布を求めた。ブラインド外側面での昼光照度との比を用いて、図4.1.12、図4.1.13に各々の作業面直接照度比分布を示す。ただ

し、想定した夏至の日の9時、および、15時の太陽高度は両者とも 48° 、太陽方位角は、9時が東へ 43° 、15時が西へ 43° である。

図4.1.12、図4.1.13より、夏至の日の直射日光の入射方位角の変動に伴う作業面直接照度比分布を比較すると、直射日光の入射方位角の変動に伴い、若干、正反射方向において、ブラインドスラット面での鏡面反射成分の影響が認められるようであるが、ほぼ左右対称に分布していると考えられる。

ゆえに、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備した場合、直射日光の入射方位角の変動による作業面直接照度分布は、その分布形状に若干差が認められるものの、その絶対値は極めて小さく、作業面直接照度に及ぼす影響を無視し、ほぼ左右対称に分布しているとして差し支えないと考える。

4.1.6.2. 作業面間接照度分布

4.1.6.2.1. 一次反射光による間接照度分布

冬至の日の12時の太陽位置に基づいて、理論計算により、模型室の窓面を南向きに設置した場合の、室内表面からの一次反射光による作業面間接照度分布を求め、ブラインド外側面での昼光照度との比を用いて、図4.1.14に示す。

一次反射光による作業面間接照度比分布は、室中央位置でやや高い値を示しているが、直接照度比分布と比較してその絶対値は非常に小さく、同一測定点での直接照度比に対する間接照度比の割合は、室中央での約 $1/12$ が最大といえる。

これは、Weber Fechnerの法則からみて、感覚量としても十分に小さい照度レベル比であると考えられる。

4.1.6.2.2. 作業面切断法による間接照度

作業面切断法を用いて算定した間接照度を、作業面直接照度に加算して作業面照度分布を求め、ブラインド外側面での昼光照度との比を用いて、図4.1.15に示す。

また、室内表面での相互反射（5次までの反射成分を含む）による間接照度を、作業面直接照度に加算して作業面照度を求める。ブラインド外側面での昼光照度との比を用いて、図4.1.16に作業面照度比分布を示す。

何れも理論計算値に基づくものであり、ブラインド外側面での鉛直面昼光照度は、直射日光 9、天空光 1、地物反射光 0.1の割合で入射しているものとし

た。

図4.1.15、および、図4.1.16を比較すると、両者の作業面照度比分布の形状は極めて近似していることがわかる。

次に、仮に、ブラインド外側面での鉛直面昼光照度が、1988年の、冬至の日の、12時の南鉛直面昼光照度の実測値である38000lxとした場合、作業面切断法を用いて算定した室中央の作業面昼光照度と、実測に基づく作業面昼光照度との差は約90lxであり、これを室中央の直接照度との割合で表すと約1/25である。

ゆえに、作業面切断法を用いた場合の間接照度と、室内表面での相互反射を含んだ場合の間接照度との誤差が作業面昼光照度に及ぼす影響は、感覚量としては非常に小さいと考えられる。

4.1.6.2.3. 間接照度の算定方法の検討

以上の結果より、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備した場合、感覚量からみた作業面間接照度レベルは、直接照度レベルに比べて十分に小さく、かつ、作業面切断法を用いて作業面照度を算定しても、結果に生じる誤差は非常に小さいので、実用上、作業面間接照度の算定は作業面切断法によれば充分であると考えられる。

4.1.7. まとめ

本研究の結果、直射日光をも含む昼光照明設計を行う場合、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備することにより、直射日光の入射高度、および、入射方位角の変動に関係なく、室内の作業面照度分布はより均一化されることが明らかになった。（ただし、直射日光の入射高度により、ブラインドの透過率が異なるので照度レベルは変化する。）また、作業面の直接照度分布は、窓面での鉛直面昼光照度のみによって算定できることが明らかになった。

作業面間接照度については、直接照度と比較して結果に生じる誤差が非常に小さいことから、作業面切断法による計算で実用上十分な精度が得られることが明らかになった。

よって、窓に光拡散性固定型ブラインドを装備した場合、作業面での昼光照度の算定は、直射日光、天空光、地物反射光の各成分による直接照度分布と、作業面切断法による間接照度に基づいて行うと充分であり、従来のベネチアンブラインドによる室内照度算定法⁴⁾⁵⁾と比較して、直射日光をも含む室内昼光

照度の算定は容易であると考えられる。さらに、季節、時刻、天候等に関係なく設計時に昼光照度予測することができ、より実務的な照明技術の確立が可能であると考えられる。

引用文献

- 1)中根芳一・土井正・横田圭：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによる昼光照明設計法、日本建築学会建築環境工学論文集、Vol.5 pp.89~94
1983
- 2)日本建築学会編：「日照の測定と検討、日本建築学会設計計画パンフレット24」、p.8 1977
- 3)日本建築学会編：「昼光照明の計画、日本建築学会設計計画パンフレット30」、p.45 1985
- 4)松浦邦男・金曾瑞・田中久富：ベネチアンブラインドによる室内照度算定法その1．拡散光をうける場合、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.359
pp.10~16 1986
- 5)松浦邦男・金曾瑞・田中久富：ベネチアンブラインドによる室内照度算定法その2．直射日光をうける場合、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.362
pp.19~25 1986

表4.1.1 光拡散性固定型ブラインドの見かけの透過率

	太陽高度 (°)	太陽方位角 (°)	光透過率 (%)	
			上向き	下向き
直射日光	30	0	12.0	16.9
	45	0	10.5	14.9
	60	0	9.3	13.0
	75	0	8.1	11.3
天空光			3.2	4.6
地物反射光			5.6	5.2

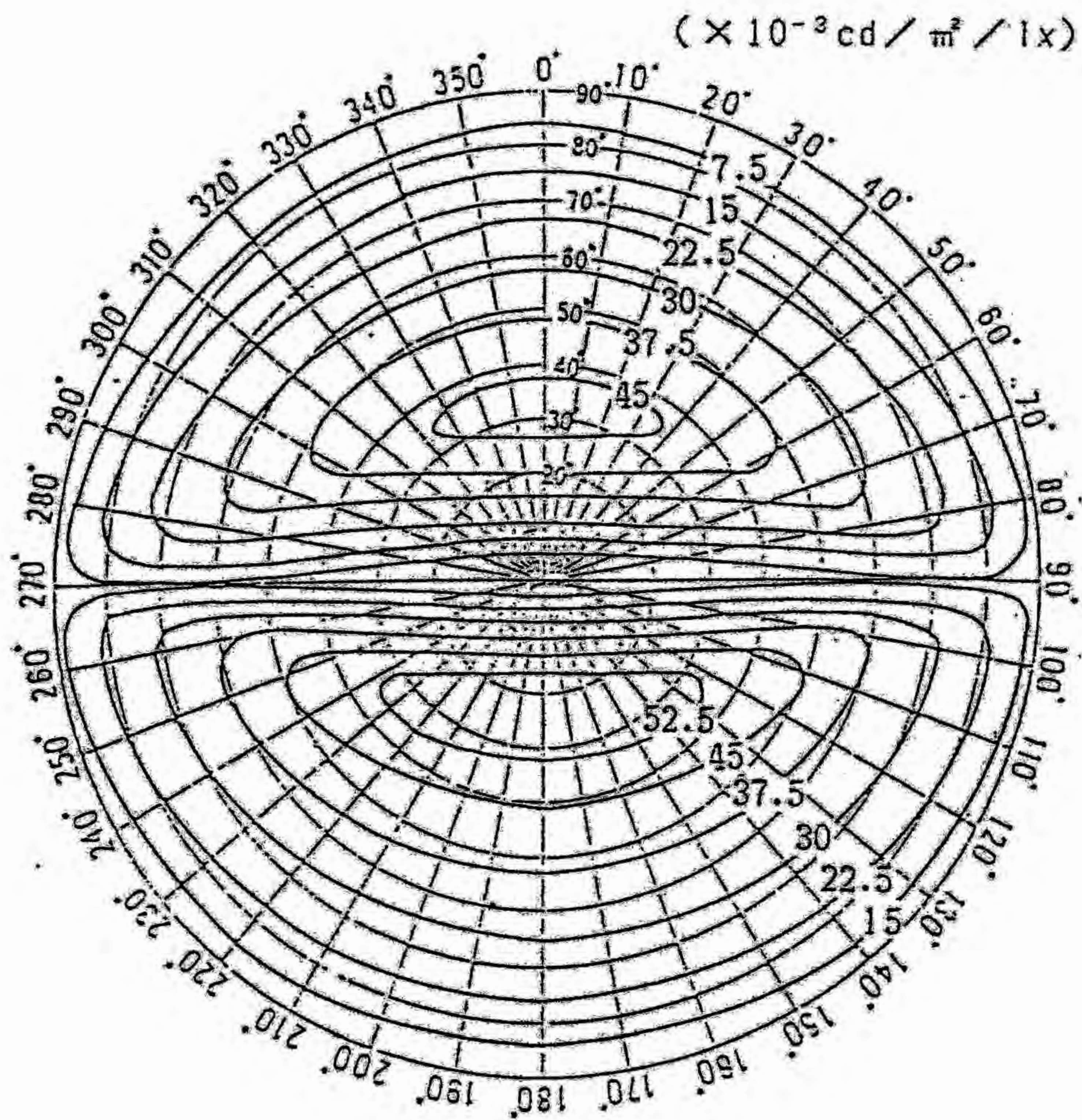


図4.1.1 直射日光による透過指向係数分布図

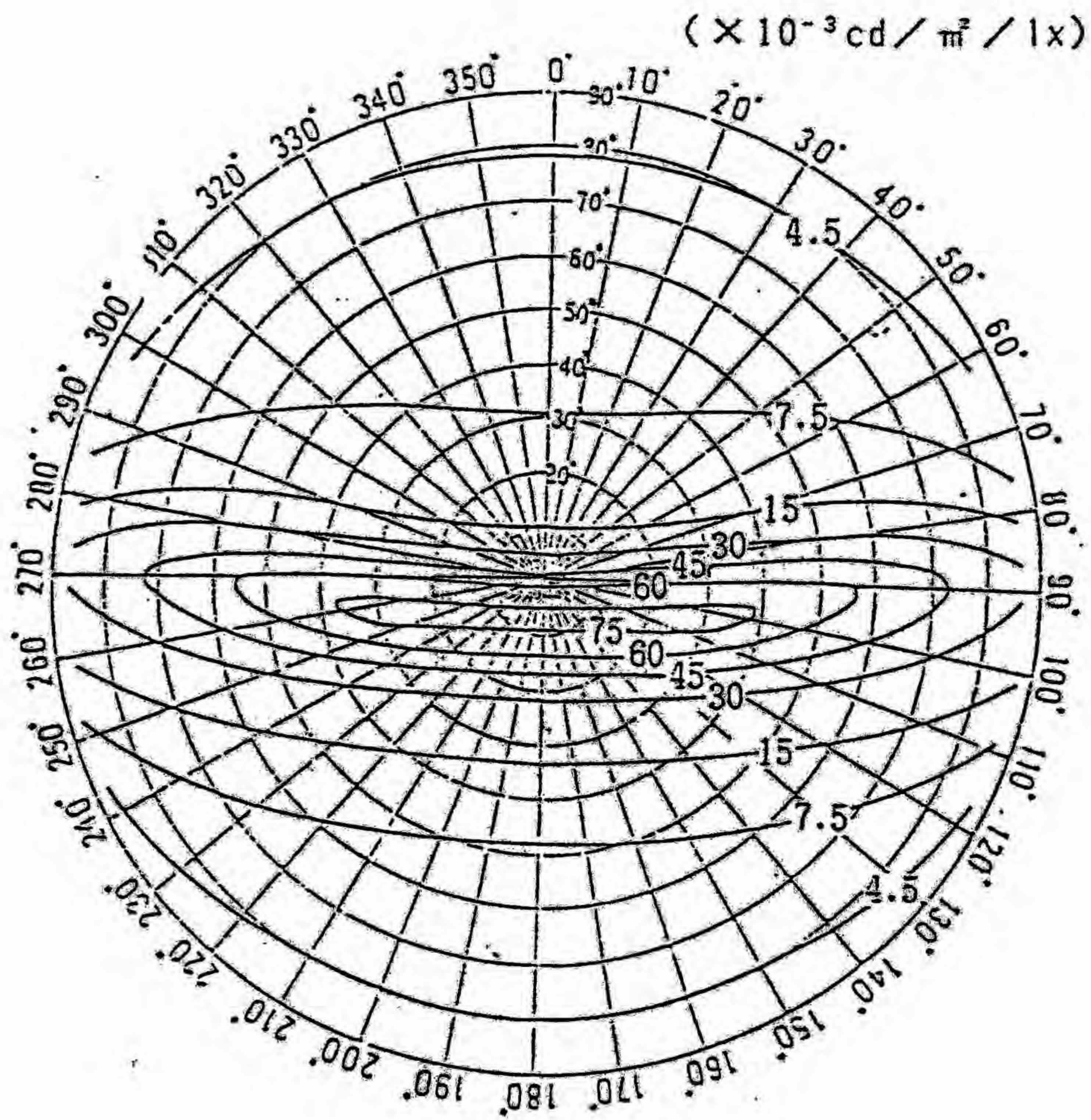


図4.1.2. 天空光による透過指向係数分布図

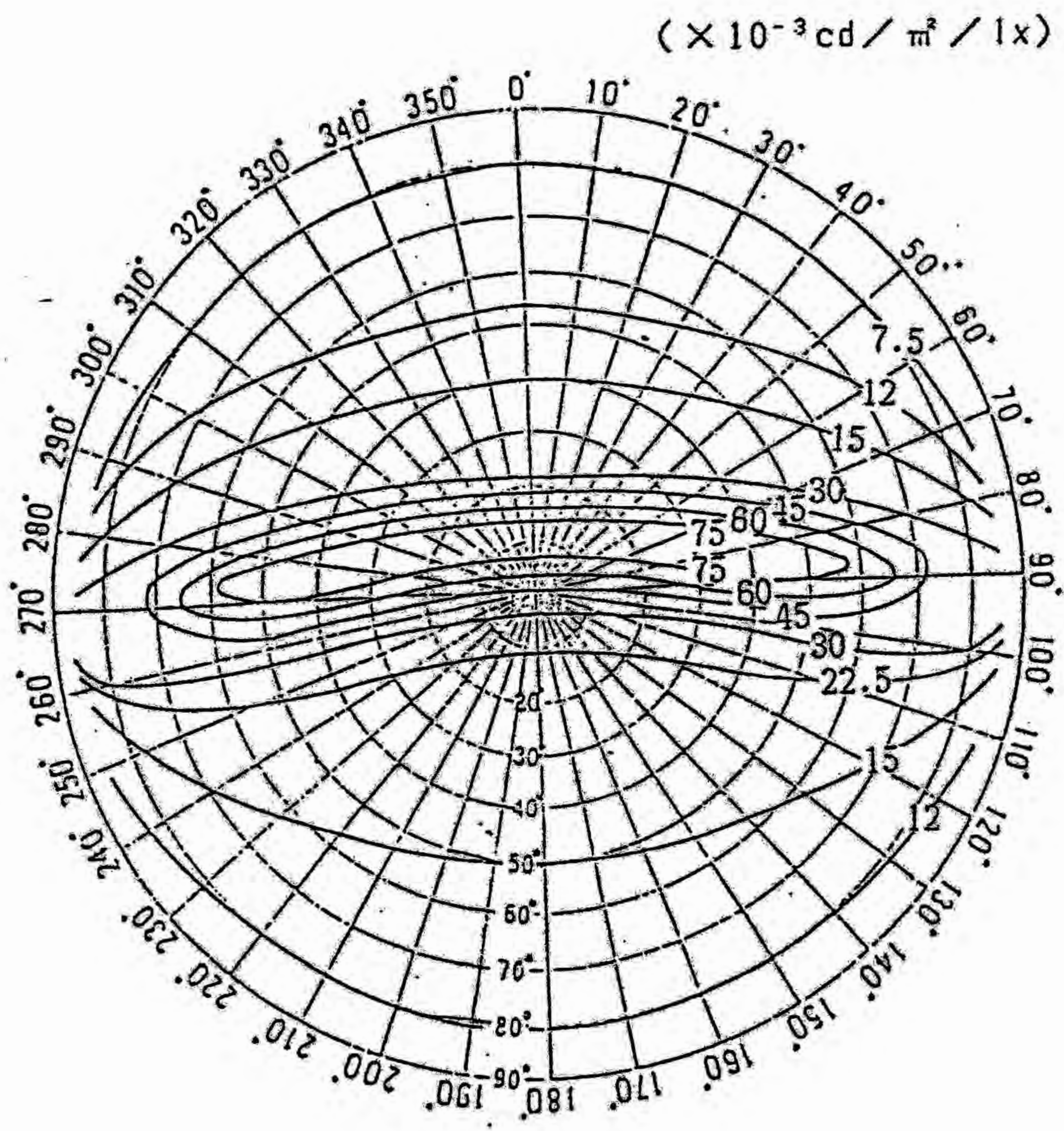


図4.1.3 地物反射光による透過指向係数分布図

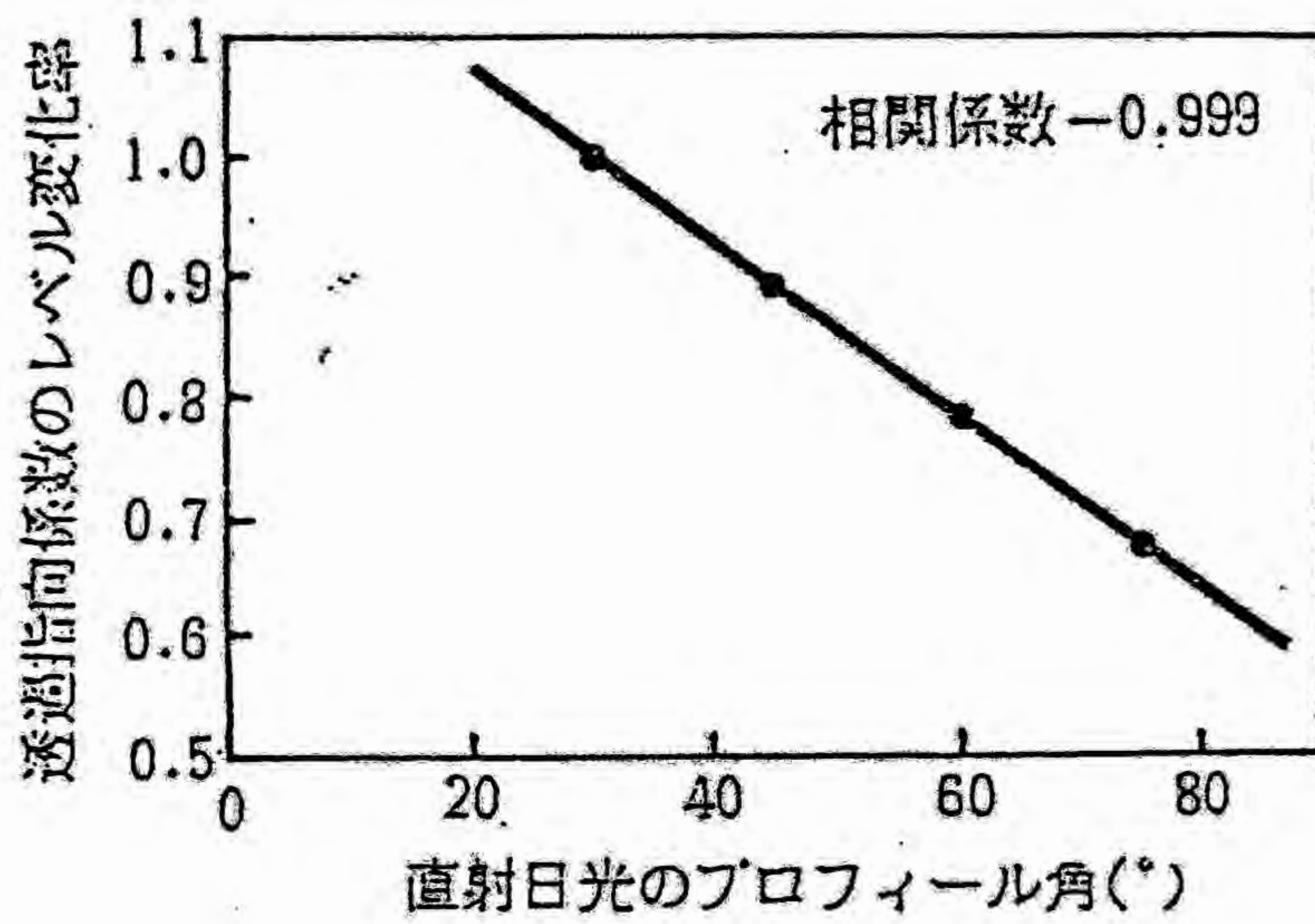
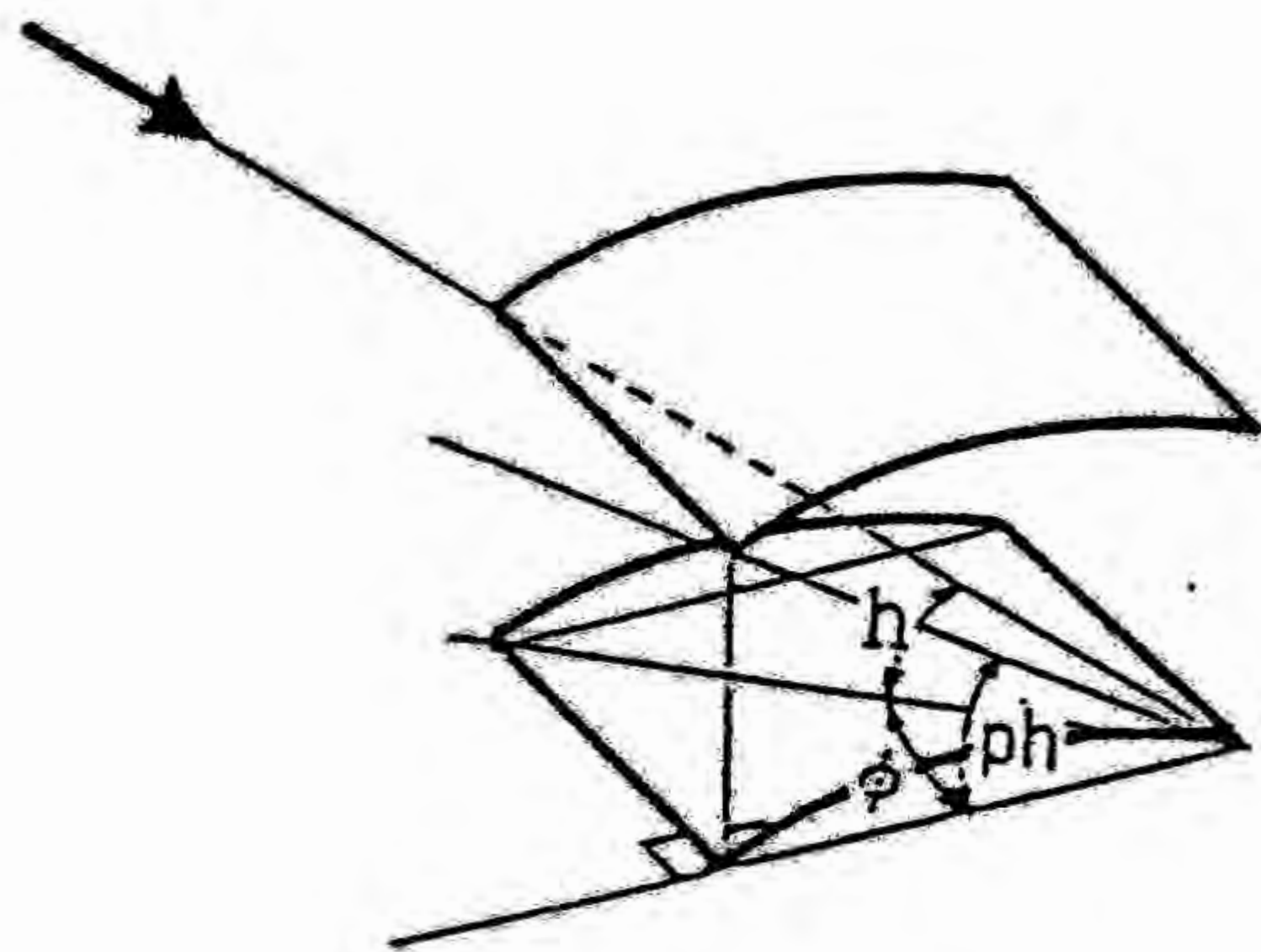


図4.1.4 直射日光のプロフィール角による透過指向係数のレベル変化率



ph: 入射光のプロフィール角
h: 入射高度
 ϕ : 入射方位角

図4.1.5 入射光のプロフィール角

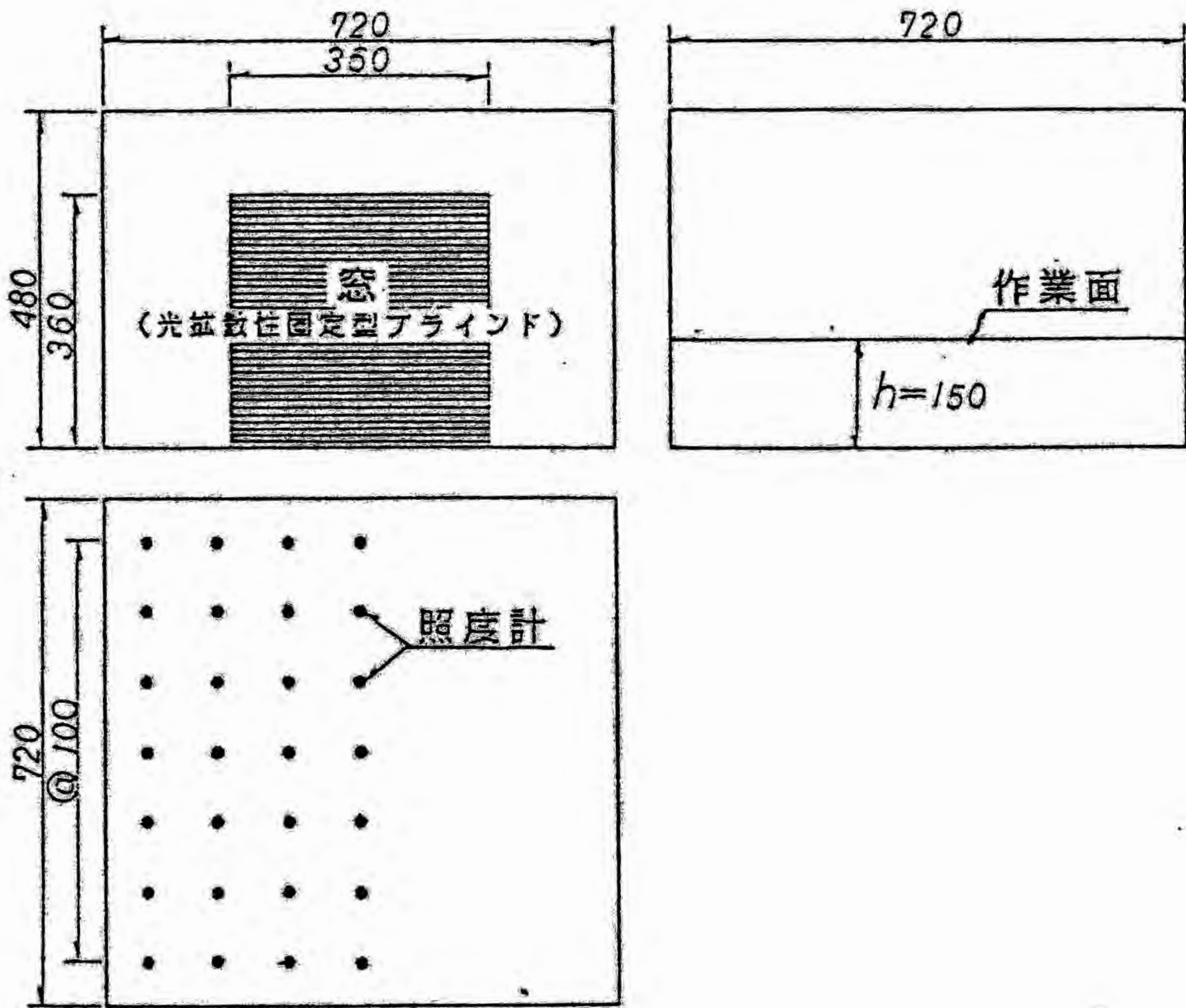


図4.1.6

模型室

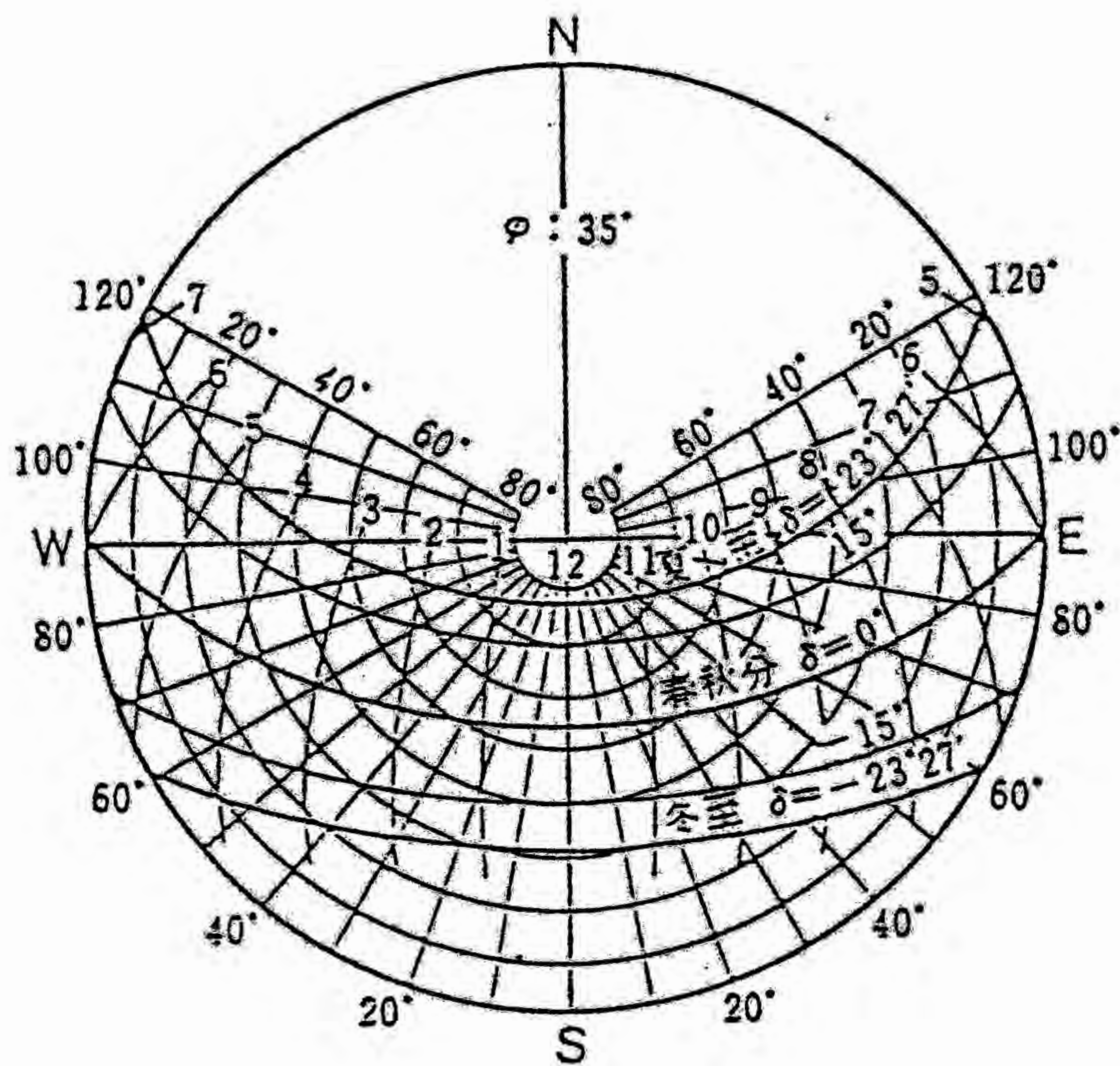


图4.1.7 太陽位置图²⁾

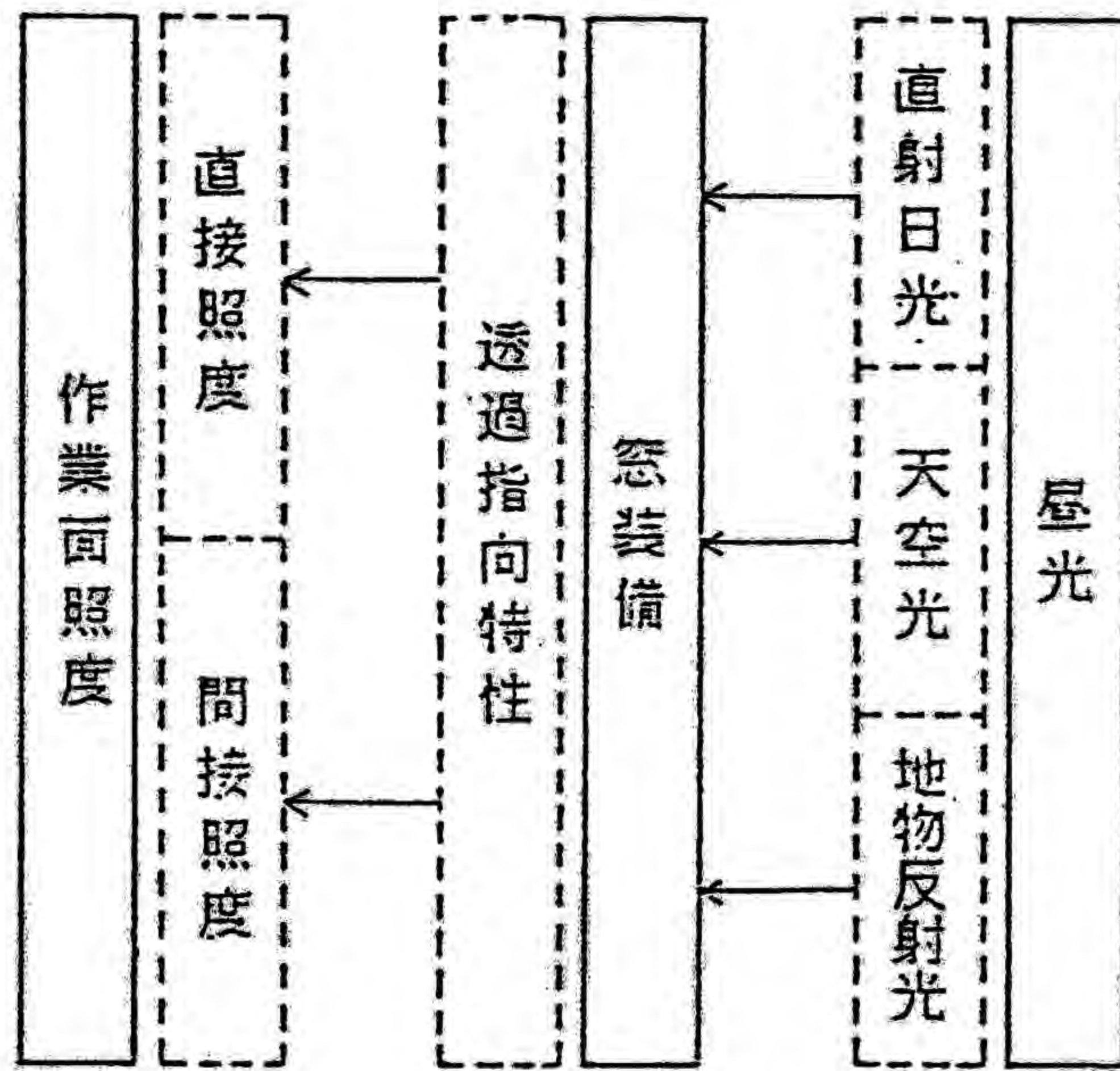


図4.1.8 作業面照度の算定方法

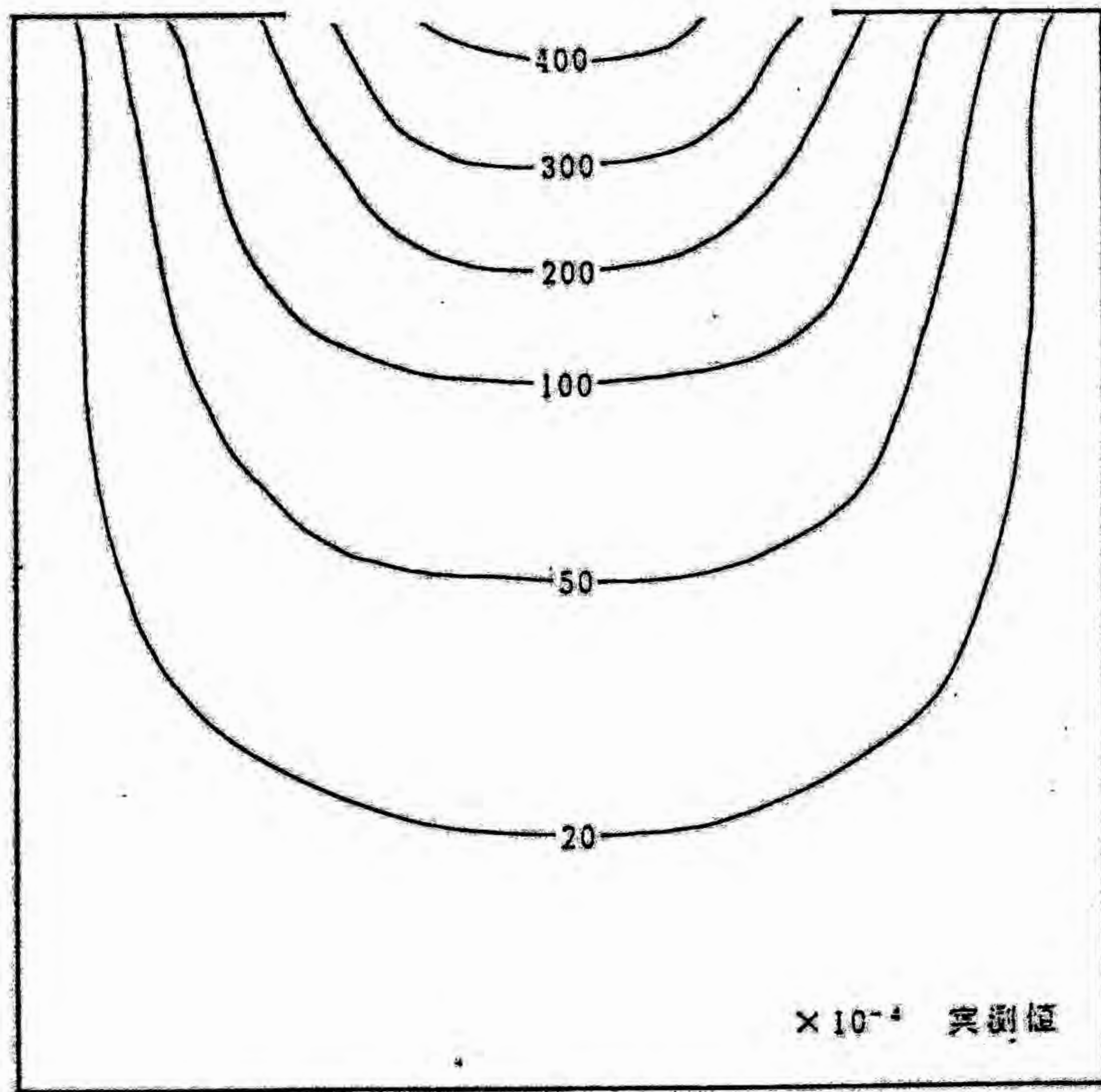


図4.1.9 春秋分12時の作業面直接照度比分布

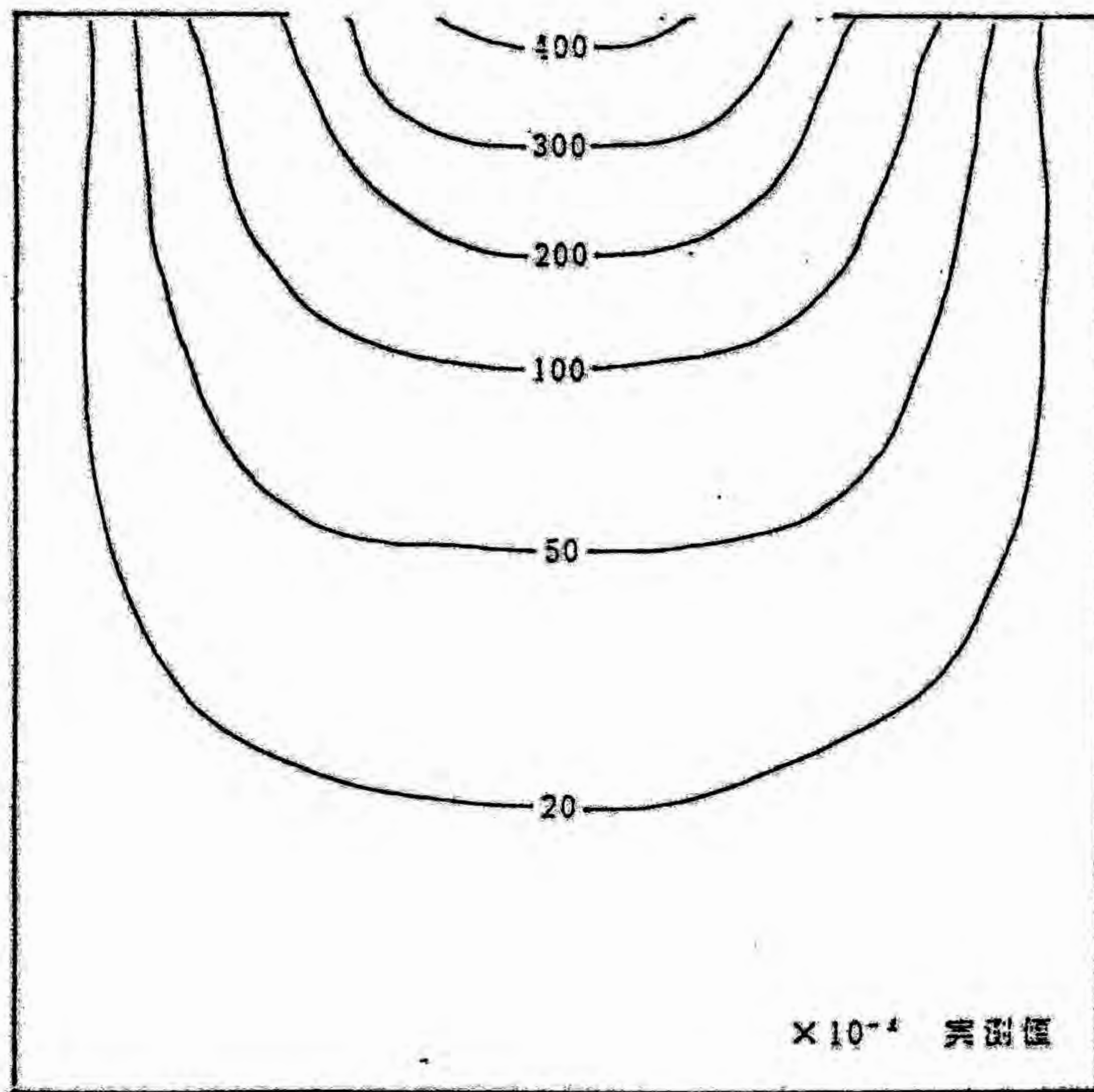


図4.1.10 夏至12時の作業面直接照度比分布

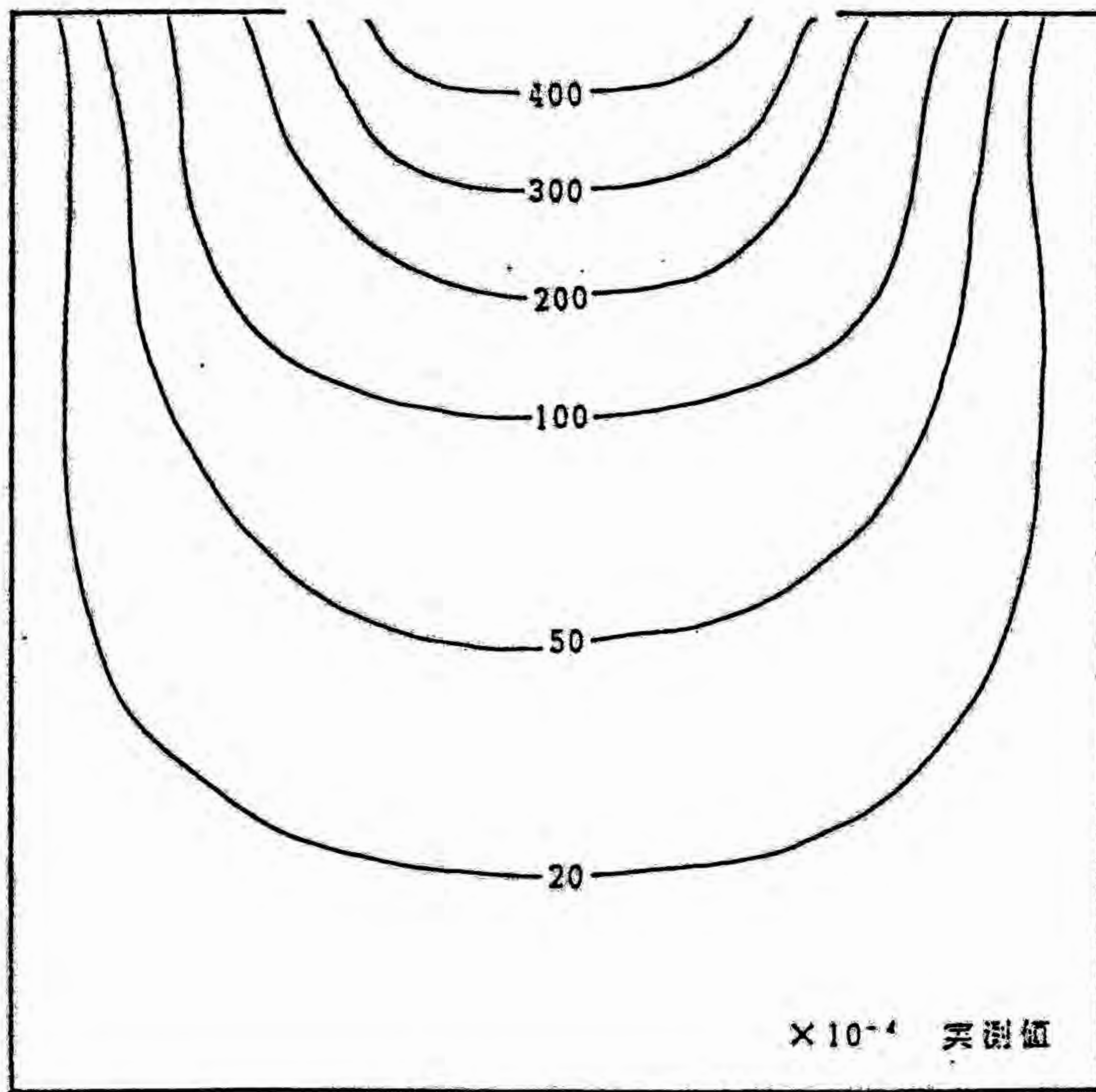


図4.1.11 冬至12時の作業面直接照度比分布

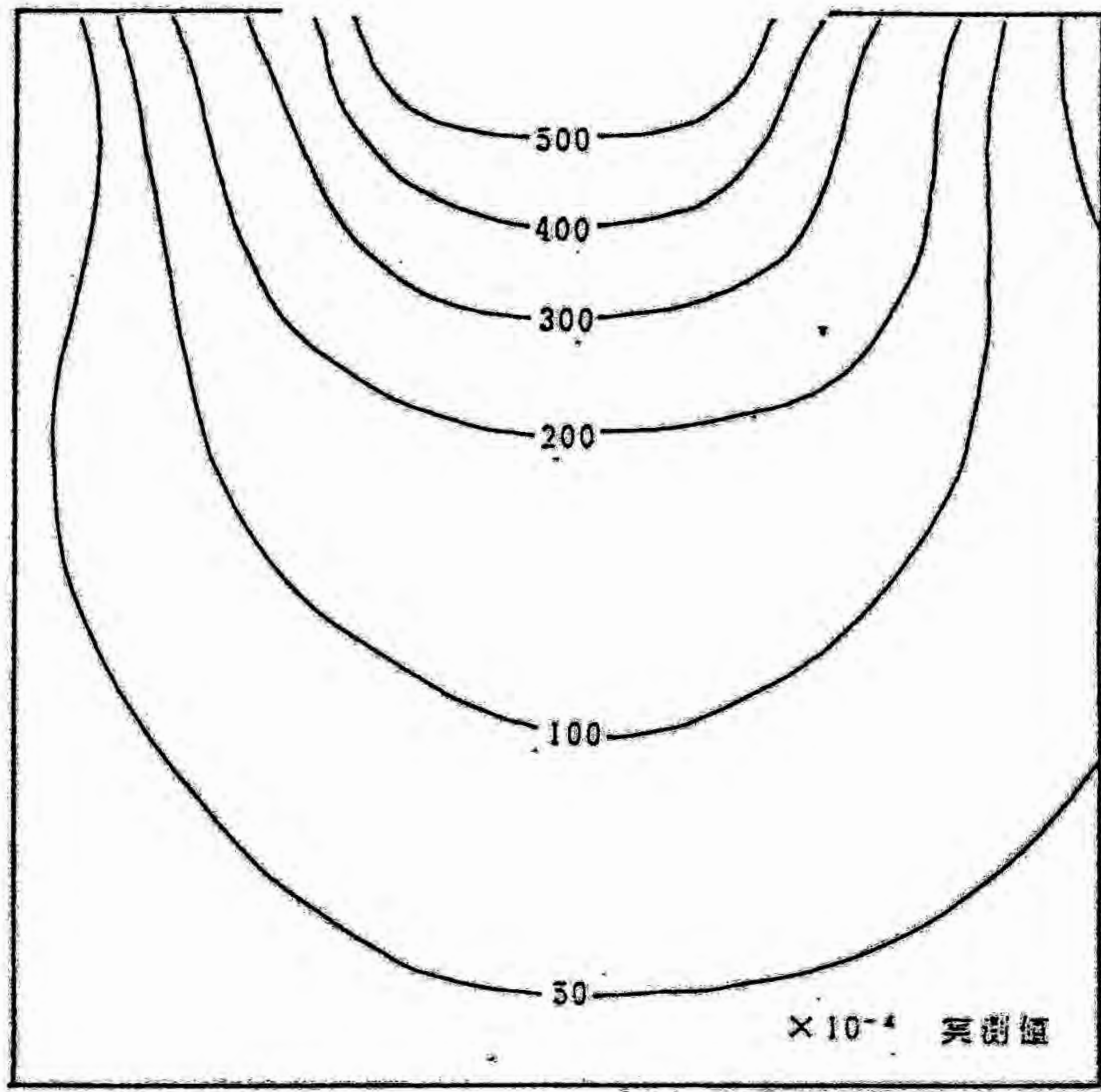


图4.1.12

夏至9時の作業面直接照度比分布

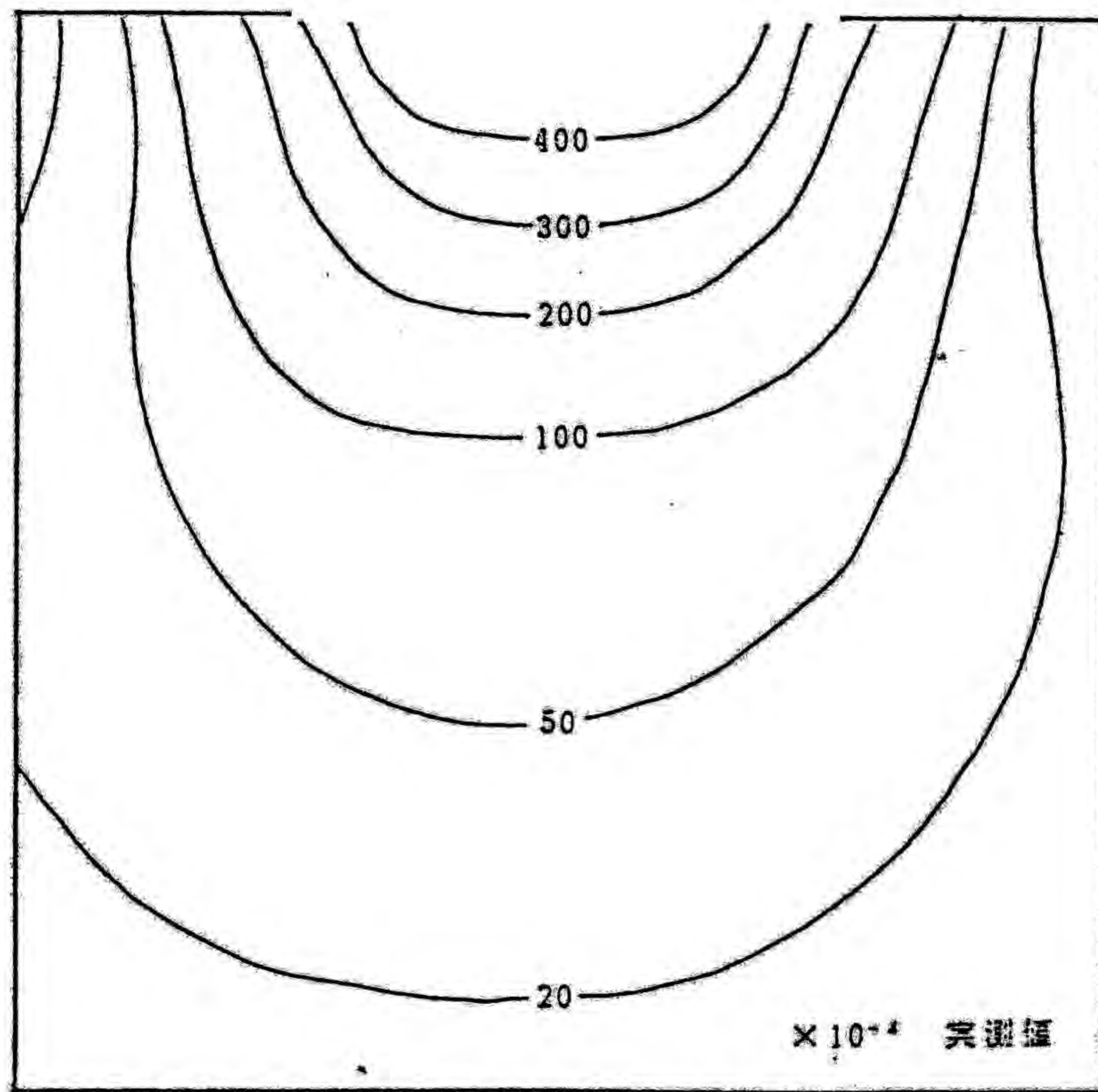


図4.1.13

夏至15時の作業面直接照度比分布

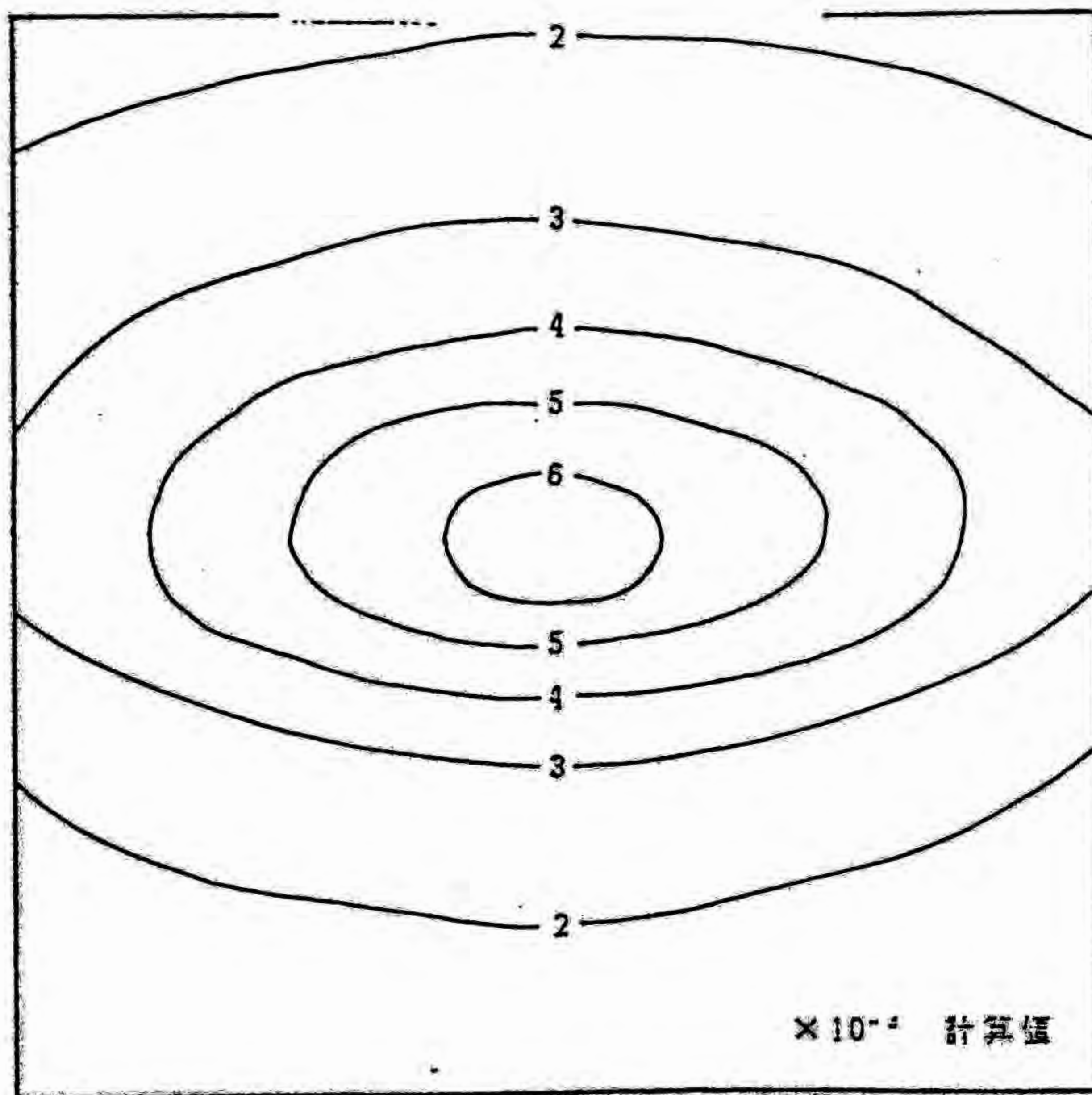


図4.1.14 1次反射光による作業面間接照度比分布
(冬至12時)

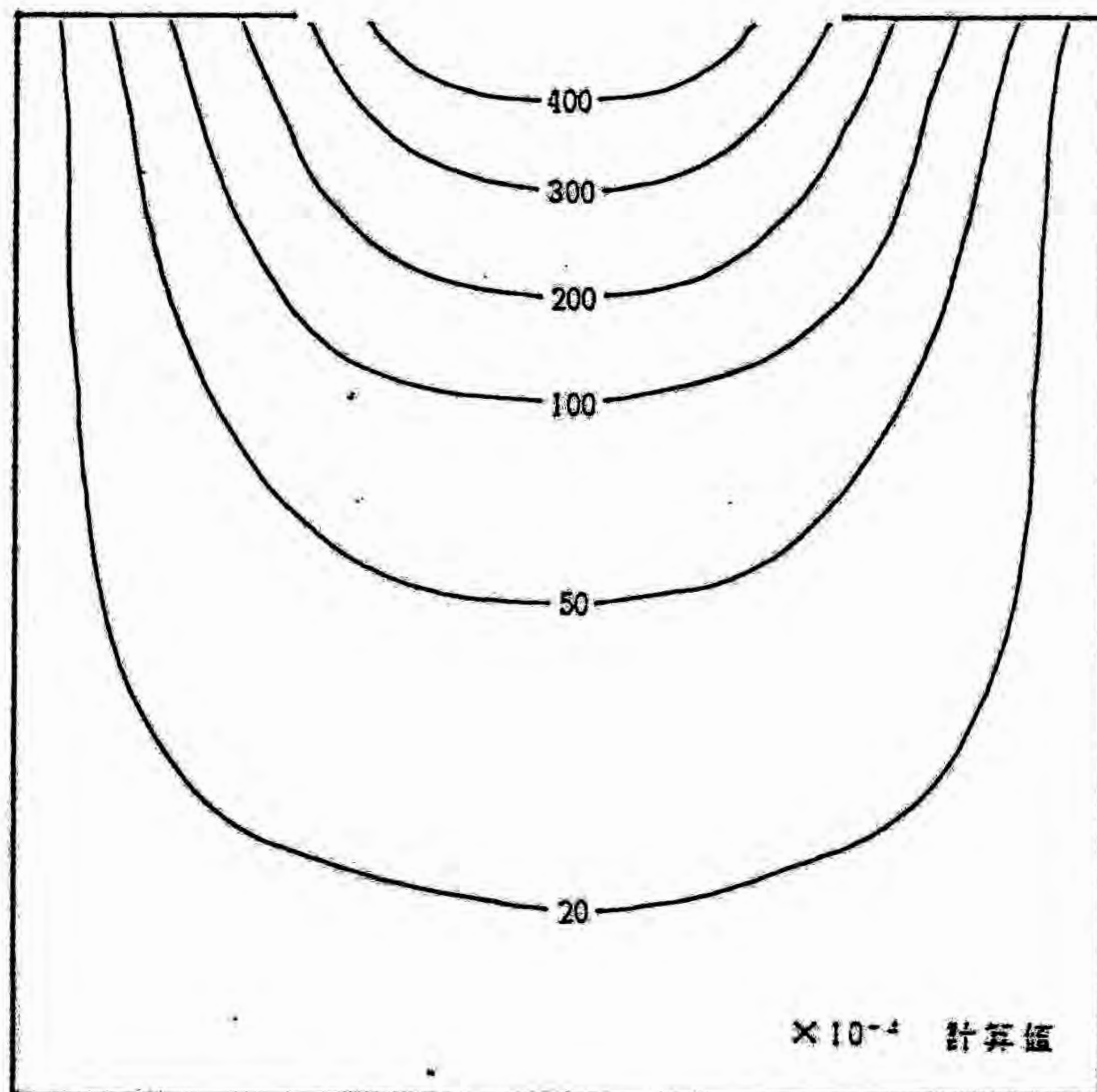


図4.1.15

作業面切断法に基づく作業面照度比分布
(冬至12時)

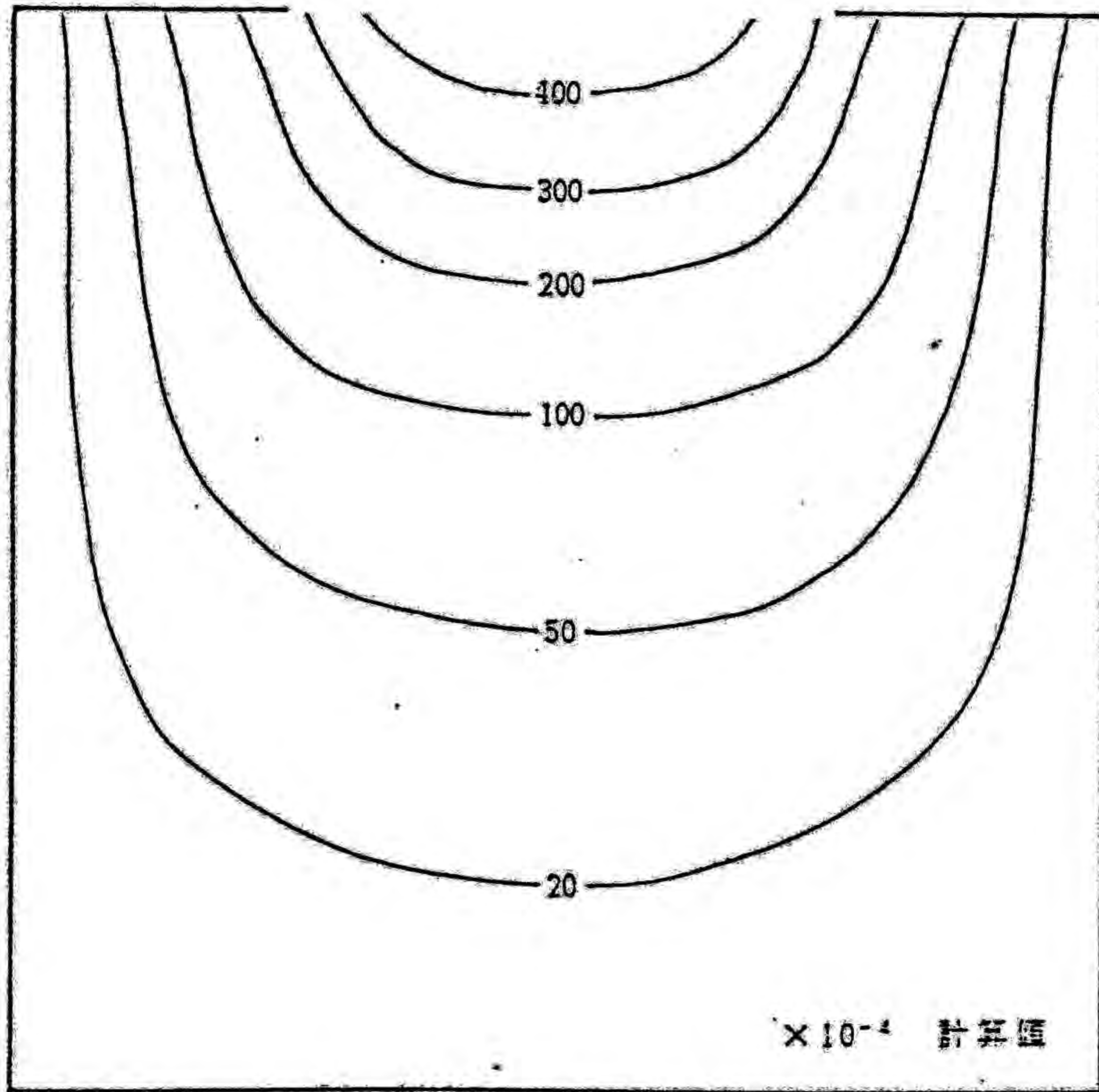


図4.1.16 5次までの相互反射成分に基づく作業面照度比分布
(冬至12時)

4.2. 光拡散性固定型ブラインドの透過指向特性の数式化

4.2.1. 緒言

これまでの昼光照明設計法は比較的変動が少なくかつ拡散光と見なすことができる天空光のみを光源としたものが主流で、直射日光は設計の対象から除外されてきた。しかし直射日光は快晴時には高い照度レベルを持つ光源であり、これを無視した昼光照明設計法が実状にそぐわないことは明らかであり、建物の省エネルギー化も考慮すると直射日光を照明用光源として取り入れることは有利であるといえる¹⁾。

ところが、直射日光を含む昼光照明設計において室内照度を予測するには、直射日光を遮蔽する装置の透過指向特性が明らかでなければならぬ。しかし、直射日光遮蔽装置として多用されている従来のベネチアンブラインドは指向性が強く、またその指向特性が直射日光の入射方向に大きく依存するため、直射日光を含んだ室内照度予測は極めて繁雑かつ困難である。また、ベネチアンブラインドを使用して直射日光を遮蔽しても室内照度分布は不均一になり易く、均質な昼光照明環境を得にくいことも事実である。

そこで中根ら²⁾は、従来のベネチアンブラインドが持つ上述の欠点を補うものとして、一般に市販されているベネチアンブラインドのスラット面に高い拡散性能を付与し、図4.2.1.のようにスラット間隔を半分にして水平に固定したまま使用することで戸外の透視性を損なわず、かつ直射日光については直接射入を防ぎ指向性を緩和した上で室内照明に有効に活用することができる“光拡散性固定型ブラインド（以下、固定型ブラインドと呼ぶ）”の開発を行った。さらに、直射日光、天空光、地物反射光の3種の光源に対する固定型ブラインドの透過指向特性を求め図表で提示した²⁾。またその後、固定型ブラインドの透過指向特性に基づいて、従来の昼光率算定図表と同様の方法で窓面での昼光照度より室内の任意の点における水平面および鉛直面での昼光照度を求めるための算定図表^{3) 4)}を整備した。

しかし、このような図表による透過指向特性の表示は、照度計算の過程で図表から数値を読み取るという手作業を必要とするため、室内の照度分布を求めたり、昼光の時々刻々の変動に伴う状況を把握したりする場合のような大量の

データ処理には馴染まず、実務上利用しにくいものに留まっている。

本研究は、上述のような大量のデータ処理を可能にすることを目標として固定型ブラインドの透過指向特性を検討し、その中から抽出された規則性に基づいて固定型ブラインドの透過指向特性の数式化を試みたものである。

4.2.2. 作業面照度の算定方法

鉛直な窓面に入射する直射日光、天空光、地物反射光の指向性、拡散性は異なり、また、それらの強さの比率も一定ではないので、室内照度の算定は3種の光源毎に行わなければならない。さらに、ブラインド窓面の配光だけで定まる直接照度と、配光に加えて形状や反射率などの室の条件にも左右される間接照度はそれぞれ別々に算定しなければならない。

これら3種の昼光光源による作業面照度 E_T は、直射日光、天空光、地物反射光のそれぞれが窓を透過して直接作業面に入射して生じる直接照度 E_{Dd} 、 E_{Ds} 、 E_{Dr} と、さらにそれらが室内表面で反射を繰り返した後作業面に生じる間接照度 E_{Rd} 、 E_{Rs} 、 E_{Rr} との和として

$$E_T = (E_{Dd} + E_{Ds} + E_{Dr}) + (E_{Rd} + E_{Rs} + E_{Rr}) \quad (4.2.1)$$

により与えられる。

以下、本章では固定型ブラインドを装着した窓を通して入射する直射日光、天空光、地物反射光による作業面直接照度および作業面間接照度の算定方法について述べる。

4.2.2.1. 直接照度

図4.2.2.に示すように、微小面積 dS (m^2)によるP点での照度 dE_p (lx)は、微小面のP点方向への輝度を L ($cd/m^2/lx$)、P点に対する立体角投射率を dC とすると、

$$dE_p = \pi \cdot L \cdot dC \quad (4.2.2)$$

により求められる。

そこで、固定型ブラインドの透過指向特性として中根らが定義した透過指向係数²⁾ T は、ブラインドの外側面での昼光照度 E_u (lx)に対する特定方向への透過光によるブラインド内側面の輝度 L (cd/m^2)の比率として

$$T = \frac{L}{E_u} \quad (4.2.3)$$

で与えられるものであるので図4.2.2.の微小面積 dS によるP点での照度 dE_D (lx)は次式で求められることになる。

$$dE_D = \pi \cdot E_u \cdot T \cdot dC \quad (4.2.4)$$

従って、微小面積 dS によるP点での直接照度 E_D が得られる(4.2.4)式をブラインド窓面全体にわたって積分して、

$$E_D = \int dE = \pi \cdot E_u \int T \cdot dC \quad (4.2.5)$$

によりブラインド窓面全体からのP点での直接照度 E_D を求めることができる。

これより、直射日光、天空光、地物反射光の3種の光源による作業面直接照度 E_{Dd} 、 E_{Ds} 、 E_{Dr} は、ブラインド外側面でのそれぞれの昼光による照度 E_{ud} 、 E_{us} 、 E_{ur} と微小面積からのそれぞれの昼光の透過指向係数 T_d 、 T_s 、 T_r 、および微小面積の立体角投射率 dC によって次式により求めることができる。

$$E_{Dd} = \pi \cdot E_{ud} \int T_d \cdot dC \quad (4.2.6-a)$$

$$E_{Ds} = \pi \cdot E_{us} \int T_s \cdot dC \quad (4.2.6-b)$$

$$E_{Dr} = \pi \cdot E_{ur} \int T_r \cdot dC \quad (4.2.6-c)$$

4.2.2.2.間接照度

直射日光、天空光、地物反射光の3種の光源による作業面間接照度 E_{Rd} 、 E_{RS} 、 E_{Rr} は、式(4.2.6-a)~(4.2.6-c)により室内表面の微小面積 dS (m^2)における照度 E_{Dd} 、 E_{Ds} 、 E_{Dr} (lx)を求めた後、室内表面の反射率 ρ と微小面積の立体角投射率 dC により、作業面から上方の室内表面全体にわたって次式により積分して求めることができる。

$$E_{Rd} = \rho \int E_{Dd} \cdot dC \quad (4.2.7-a)$$

$$E_{RS} = \rho \int E_{Ds} \cdot dC \quad (4.2.7-b)$$

$$E_{Rr} = \rho \int E_{Dr} \cdot dC \quad (4.2.7-c)$$

これより、2次以降の反射光による作業面間接照度はこれをさらに反射回数分だけ加算することで求められる。

4.2.3.透過指向係数の数式化

固定型ブラインドの透過指向特性は、平行光である直射日光に対するものと、拡散光である天空光および地物反射光に対するものとで著しい差異があり、前者は透過方向のみならず入射方向にも大きく依存するものであるので、ここでは直射日光に対するものの数式化を第一位に検討を加えることにした。

4.2.3.1. 直射日光の成分

中根らが得た直射日光に対する固定型ブラインドの透過指向係数の室内側半空間における分布形状を、2種の入射方向について例示したものが図4.2.3.であり、また従来のベネチアンブラインドについての一例を示したものが図4.2.4.である。これより、固定型ブラインドの直射日光(平行光)に対する透過指向特性は、入射方向と透過方向により若干異なるものの従来のベネチアンブラインドのような極端な指向性を持たず、また入射方向に関係なく類似していることがわかる。

これより、空間の方向を規定するさなざまな角度表示について検討を重ねた結果、図4.2.5.に示すように入射および透過方向を規定する角度として、水平面および窓面に対する法線を基準とした高度と方位角を用いて数式化を試みるのが適切であることがわかった。すなわち図4.2.6.1.~図4.2.6.2.に示すように、入射光の高度 h と方位角 ϕ 、および透過光の方位角 ϕ' のあらゆる組合せに対して、透過高度 h' と透過指向係数 T との関係を示す曲線の形状が基本的に同一となり、よって、透過高度 h' に関する透過指向係数の分布形状に着目して数式化を行う。

(1) 入射方向に関する検討

図4.2.3.からもわかるように、透過指向係数の2つの極大値はいずれの入射方向においても透過方位角 $\phi'=0^\circ$ の鉛直面内に生じるので、まずその面内での透過高度と透過指向係数との関係に着目した。

そこで、図4.2.7.に入射方向 $(30^\circ, 20^\circ)$ $(50^\circ, 30^\circ)$ $(60^\circ, 60^\circ)$ における $\phi'=0^\circ$ の鉛直面内での透過指向係数と透過高度 h' との関係を例示する。これより、 $\phi'=0^\circ$ の鉛直面内での透過指向係数の分布形状は相似で、ピーク位置がほぼ同じ透過高度にあり値のみ変化していることがわかる。また、透過指向係数の値は入射高度に強く依存するものの同一入射高度で入射方位角が大きくなるほど僅かに減少する傾向が認められたので、入射方向 (h, ϕ) を1つにまとめた

$$ph = \tan^{-1}(\tan h / \cos \phi)^2 \quad (4.2.8)$$

で与えられる入射プロフィール角 ph を媒介変数として透過指向係数と透過高度 h' との関係の検討を行った。その結果得られた $ph=30^\circ$ より 15° 毎の透過指向

係数と透過高度との関係を示したものが図4.2.8.である。

これより、 $\phi' = 0^\circ$ の鉛直面内での透過指向係数の最大値に着目してそれと入射プロフィール角との関係を示したものが図4.2.9.である。ここでは、入射プロフィール角 $ph = 30^\circ$ の場合を基準としてそれに対する他のプロフィール角における最大値の倍率 τ_d (入射方向係数と呼ぶ)で表示してある。これより、入射方向係数 τ_d は入射プロフィール角 ph とほぼ直線関係をもつことがわかる。そこで両者の関係を最小二乗法により直接回帰すると次式が得られた。

$$\tau_d = -0.0073ph + 1.22 \quad (4.2.9)$$

尚、この関係をF検定した結果の危険率は1%であった。

(2) 透過方向による検討

直射日光の透過方向 (h' , ϕ') についての検討を行うため(4.2.9)式の τ_d が1となる入射プロフィール角 $ph = 30^\circ$ の場合の透過方位角 20° 毎の透過指向係数と透過高度 h' との関係を示したものが図4.2.10.である。

これより、各種の透過方位角における透過指向係数の分布形状は類似しているものの、透過方位角が大きくなるにしたがい極大値を与える透過高度が高度 0° の方向に移動するとともに、その値が減少することがわかる。前者の移動傾向は高度が同一であっても方位角の増加によって値が減少するプロフィール角

$$ph' = \tan^{-1}(\tan h' / \cos \phi') \quad (4.2.10)$$

がもつ傾向と一致するものであるので、透過高度に替えて透過方向 (h' , ϕ') を1つにまとめた変数、すなわち透過プロフィール角 ph' を横軸にとって図4.2.10.を書き直したものが図4.2.11.である。

これより、直射日光の入射方向が一定である場合、透過指向係数の透過プロフィール角についての分布形状はほぼ相似で極大値が生じる角度もほぼ等しく、その値は透過方位角のみによって変化していることがわかる。透過方位角 $\phi' = 0^\circ$ の場合を基準として $\phi' 20^\circ$ 毎にその最大値の倍率 τ_d' (透過方向係数と呼ぶ)を算出し、それと透過方位角との関係を示したものが図4.2.12.である。

これより、透過方向係数 τ_d' は透過方位角 ϕ' とほぼ直線関係をもつことがわかる。そこで、両者の関係を最小二乗法により直線回帰すると次式が得られた。

$$\tau_d' = -0.0082 |\phi'| + 1.00 \quad (4.2.11)$$

尚、この関係をF検定した結果の危険率は1%であった。

(3) 基準条件における透過指向係数と透過プロフィール角との関係式

以上の結果、入射プロフィール角 $ph=30^\circ$ のときの透過方位角 $\phi'=0^\circ$ における透過指向係数 T_{d0} と透過プロフィール角 ph' との関係を与えれば、それを基準として任意の条件下での直射日光の透過指向係数を求めることができる。そこで、図4.2.13に示す基準となる $ph=30^\circ$ かつ $\phi'=0^\circ$ における透過指向係数の曲線から得られる $ph'10^\circ$ 毎の透過指向係数値を対象として、 ph' の3次式で回帰した結果次式が得られた(危険率5%)。

$$T_{d0} = \begin{aligned} &4.79 \times 10^{-3} + 3.65 \times 10^{-3} ph' - 7.31 \times 10^{-5} ph'^2 + 3.62 \times 10^{-7} ph'^3 \\ &\quad (0^\circ < ph' < +90^\circ \text{ のとき}) \end{aligned} \quad (4.2.12-a)$$

$$\begin{aligned} &1.32 \times 10^{-2} - 4.44 \times 10^{-3} ph' - 9.88 \times 10^{-5} ph'^2 - 5.61 \times 10^{-7} ph'^3 \\ &\quad (-90^\circ < ph' \leq 0^\circ \text{ のとき}) \end{aligned} \quad (4.2.12-b)$$

これより、あらゆる方向での直射日光の透過指向係数 T_d は基準となる(4.2.9-a、4.2.9-b)式から得られる透過指向係数 T_{d0} に、直射日光の入射方向係数 τ_d 、および透過方向係数 τ_d' を乗じて

$$T_d = \tau_d \cdot \tau_d' \cdot T_{d0} \quad (4.2.13)$$

により求めることができる。

(4) 推定精度の検討

以上の回帰式を用いて、入射プロフィール角が 30° と 60° の場合について、透過方位角 20° 毎かつ透過高度 10° 毎の直射日光の透過指向係数を算出し、それと実測値との相関を示したものが図4.2.14である。これより、計算値と実測値は極めて強い相関(相関係数=0.979)を示し、固定型ブラインドの直射日光による透過指向係数はこの回帰式によって実用上十分な精度で推定できるものと考えられる。

4.2.3.2. 天空光および地物反射光の成分

天空光および地物反射光の固定型ブラインド透過光は、ブラインドのスラット面で反射した後透過する成分と、ブラインドのスラット面に当たらずスラットの間から直接通りぬける成分の2つの成分によって構成されている。また、天空光と地物反射光をここでは均等拡散光源と見なすため、直射日光の場合のように入射方向を考慮に入れる必要はないので透過方向についてのみ検討を行えばよいことになる。

以上のことを考慮しながら天空光および地物反射光の透過指向係数の数式化を試みた。

(1) 透過方向による検討

直射日光の場合と同様に、特定の透過方位角における透過高度と透過指向係数との関係に着目して検討を進めることにした。

天空光の透過指向係数 T_s および地物反射光の透過指向係数 T_r について、透過方位角 $\phi' 20^\circ$ 毎における透過指向係数値と透過高度 h' との関係を示したものが図4.2.15.、図4.2.16.である。これより、天空光、地物反射光ともに各種の透過方位角における透過指向係数と透過高度との関係を与える曲線形状はほぼ相似であるが、いずれも透過方位角が大きくなるにしたがい最大値を与える透過高度が 0° の方向に移動するとともに、その値が減少することがわかる。そこで、 $\phi' = 0^\circ$ の場合を基準として ϕ' の違いによる差異を最大値を与える高度の移動量と最大値の変化量で捉えることにした。

まず天空光および地物反射光のそれぞれについて、透過方位角 $\phi' 20^\circ$ 毎の最大値を与える透過高度が透過方位角 $\phi' = 0^\circ$ の場合から移動する量 σ_s 、 σ_r (最大位置移動量と呼ぶ) を示したものが図4.2.17.、図4.2.18.である。これより、最大位置移動量 σ_s 、 σ_r は透過方位角の絶対値 $|\phi'|$ とほぼ直線的な対応関係をもつことがわかる。そこで、 σ_s 、 σ_r と $|\phi'|$ の関係を1次式で回帰した結果それぞれ次式が得られた (危険率5%)。

$$\sigma_s = |\phi'| / 9 \quad (4.2.14-a)$$

$$\sigma_r = -|\phi'| / 9 \quad (4.2.14-b)$$

次に、天空光および地物反射光のそれぞれについて、透過方位角 $\phi' 20^\circ$ 毎の最大値の変化量を透過方位角 $\phi' = 0^\circ$ の場合を基準としてそれに対する他の透過方位角における最大値の倍率 τ_s 、 τ_r (透過方位角係数と呼ぶ) を用いて示したものが図4.2.19.、図4.2.20.である。これより、透過方位角係数 τ_s 、 τ_r は透過方位角の絶対値 $|\phi'|$ と2次曲線的な対応関係をもつことがわかる。そこで、 τ_s 、 τ_r と $|\phi'|$ の関係を2次式で回帰した結果それぞれ次式が得られた (危険率5%)。

$$\tau_s = 1.00 + 9.14 \times 10^{-4} |\phi'| - 8.91 \times 10^{-5} |\phi'|^2 \quad (4.2.15-a)$$

$$\tau_r = 1.00 + 1.23 \times 10^{-3} |\phi'| - 8.96 \times 10^{-5} |\phi'|^2 \quad (4.2.15-b)$$

(2) 基準条件における透過指向係数と透過高度との関係式

以上の結果、透過方位角 $\phi' = 0^\circ$ における透過指向係数 T_{s0} 、 T_{r0} と透過高度との関係を与えれば、それを基準として最大位置移動量 σ_s 、 σ_r と透過方位角係数 τ_s 、 τ_r を考慮することで任意の条件下での天空光および地物反射光の透過指向係数 T_s 、 T_r を求めることができる。そこで、図4.2.21.、図4.2.22に示す、基準となる透過方位角 $\phi' = 0^\circ$ における透過指向係数 T_{s0} 、 T_{r0} の曲線から得られる透過高度 $h' 10^\circ$ 毎の透過指向係数値を対象として、 h' の2次式で回帰した結果次式が得られた（危険率5%）。

$$T_{s0} = 0.004 + 1 / (25.7 + 2.67 h' + 0.153 h'^2) \quad (4.2.16-a)$$

$$T_{r0} = 0.007 + 1 / (24.9 - 2.40 h' + 0.135 h'^2) \quad (4.2.16-b)$$

よって、任意の方向での天空光および地物反射光の透過指向係数 T_s 、 T_r は、

$$T_s = \tau_s \times [0.004 + 1 / \{25.7 + 2.67 (h' - \sigma_s) + 0.153 (h' - \sigma_s)^2\}] \quad (4.2.17-a)$$

$$T_r = \tau_r \times [0.007 + 1 / \{24.9 - 2.40 (h' - \sigma_r) + 0.135 (h' - \sigma_r)^2\}] \quad (4.2.17-b)$$

により求められる。

(3) 推定精度の検討

以上の回帰式を用いて、透過方位角 20° 毎かつ透過高度 10° 毎の天空光および地物反射光の透過指向係数を算出し、それと実測値との相関を示したものが図4.2.23.、図4.2.24.である。これより、両者の計算値と実測値は極めて強い相関（相関係数 = 0.990、0.997）を示し、固定型ブラインドの天空光および地物反射光による透過指向係数はこれらの回帰式によって実用上十分な精度で推定できるものと考えられる。

4.2.4. まとめ

本研究の結果、光拡散性固定型ブラインドを使用する場合の直射日光、天空光、地物反射光の透過指向係数の透過方向特性は、直射日光については入射方向と透過方向、天空光および地物反射光については透過方向をそれぞれ規定する角度の選び方を工夫すれば、それらの角度との間に規則性が存在することが判明した。よって、その規則性に基づいて各種昼光による透過指向係数を数式化することが可能となり、直射日光の場合は入射プロファイル角が 30° で透過

方位角が 0° のときの透過指向係数を基準として、それに入射方向係数および透過方向係数を乗じることで、また、天空光および地物反射光の場合は透過方位角が 0° のときの透過指向係数を基準として、それに最大位置移動量と透過方位角係数を考慮することで、数式を用いて室内側のあらゆる方向での透過指向係数を実用上十分な精度で算定することが可能になった。

その結果、光拡散性固定型ブラインドを使用する場合、直射日光の入射方向とブラインド外側面での直射日光、天空光、地物反射光による昼光照度を与えることで、本研究で示した作業面昼光照度の算定法に基づいて、従来取扱いが困難な故に光源の対象から除外されていた直射日光をも含めた照明設計が実現し得るものと考えられる。

引用文献

- 1) 日本建築学会編：「昼光照明の計画、日本建築学会設計計画パンフレット30」、p.10 1985
- 2) 中根芳一・土井正・横田圭：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによる昼光照明設計法、日本建築学会建築環境工学論文集、Vol.5 pp.89~94 1983
- 3) 岩田三千子・杉岡弘美・北本裕之・土井正・中根芳一：光拡散性固定型ブラインドによる室内照度分布の算定、日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学、pp.21~22 1988
- 4) 岩田三千子・杉岡弘美・北本裕之・土井正・横田圭・中根芳一：光拡散性固定型ブラインドによる室内照度分布の算定、大阪市立大学生活科学部紀要、Vol.36 pp.113~119 1988

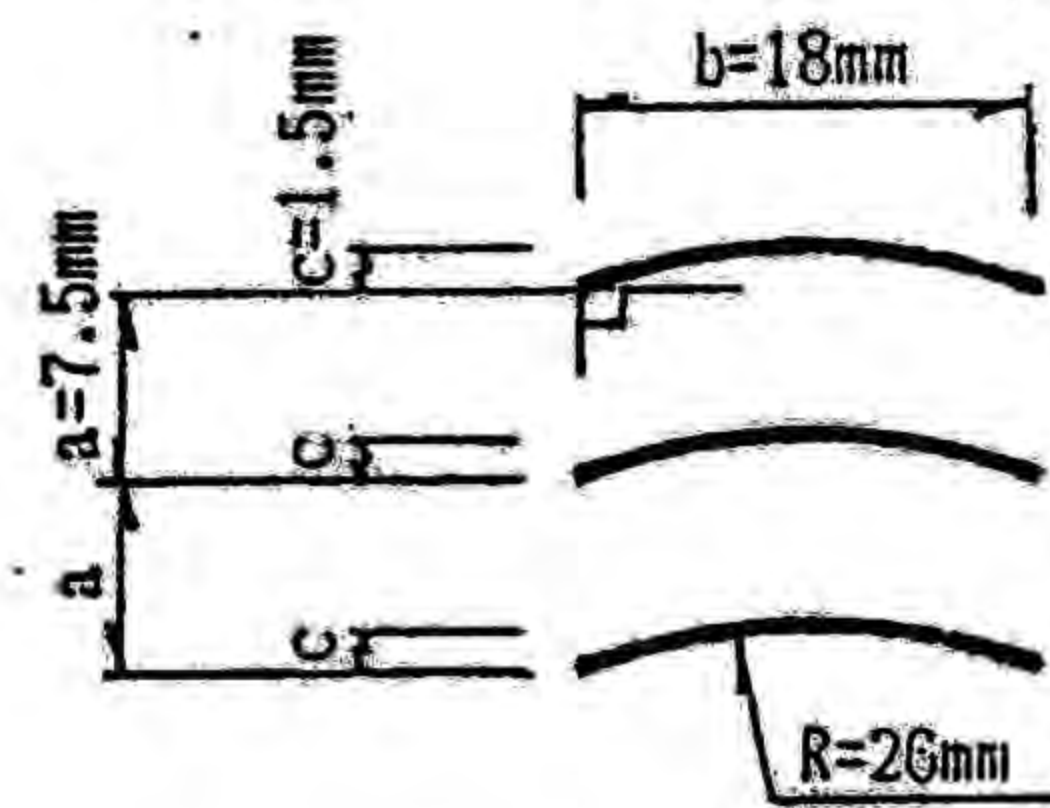


図4.2.1 光拡散性固定型ブラインド

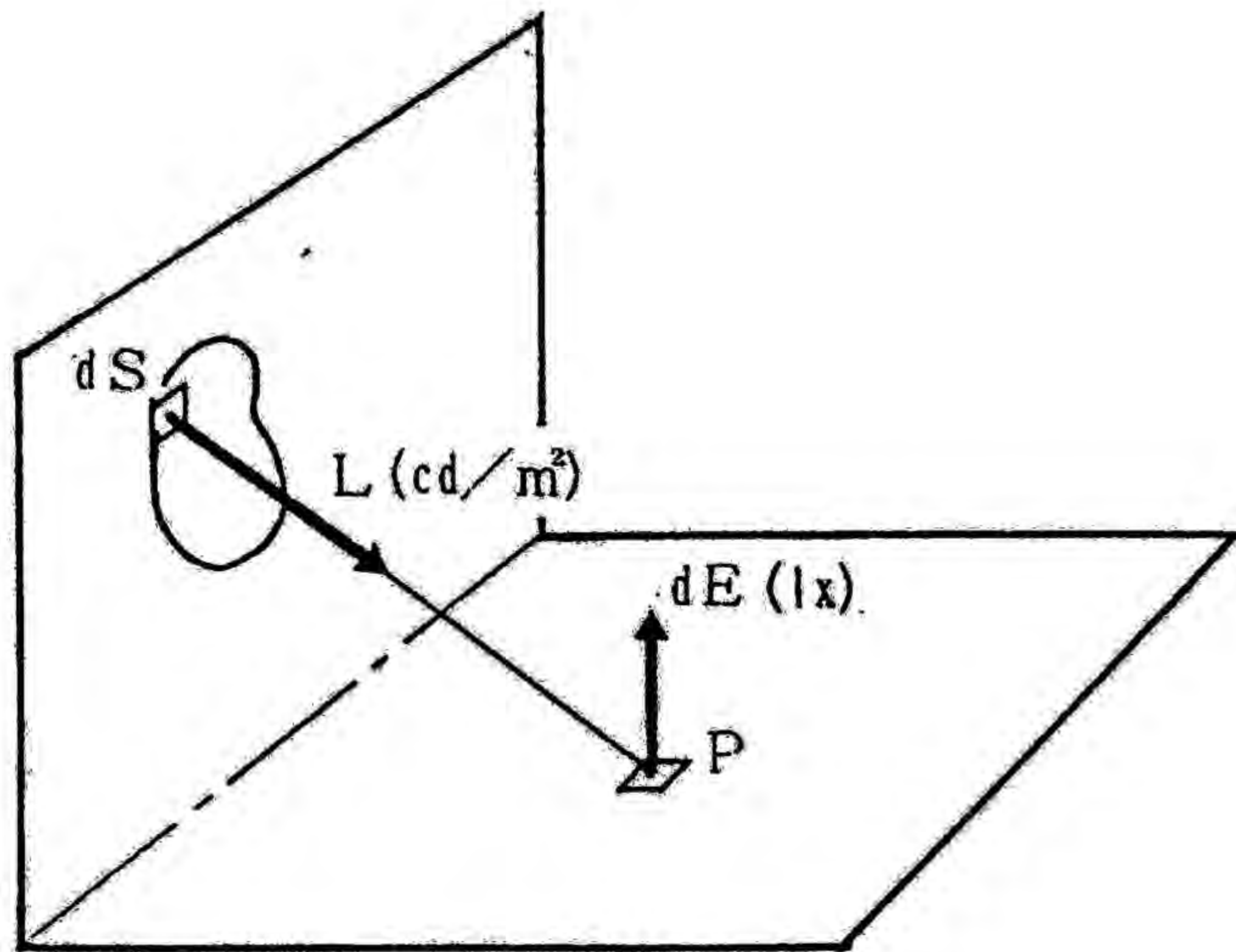
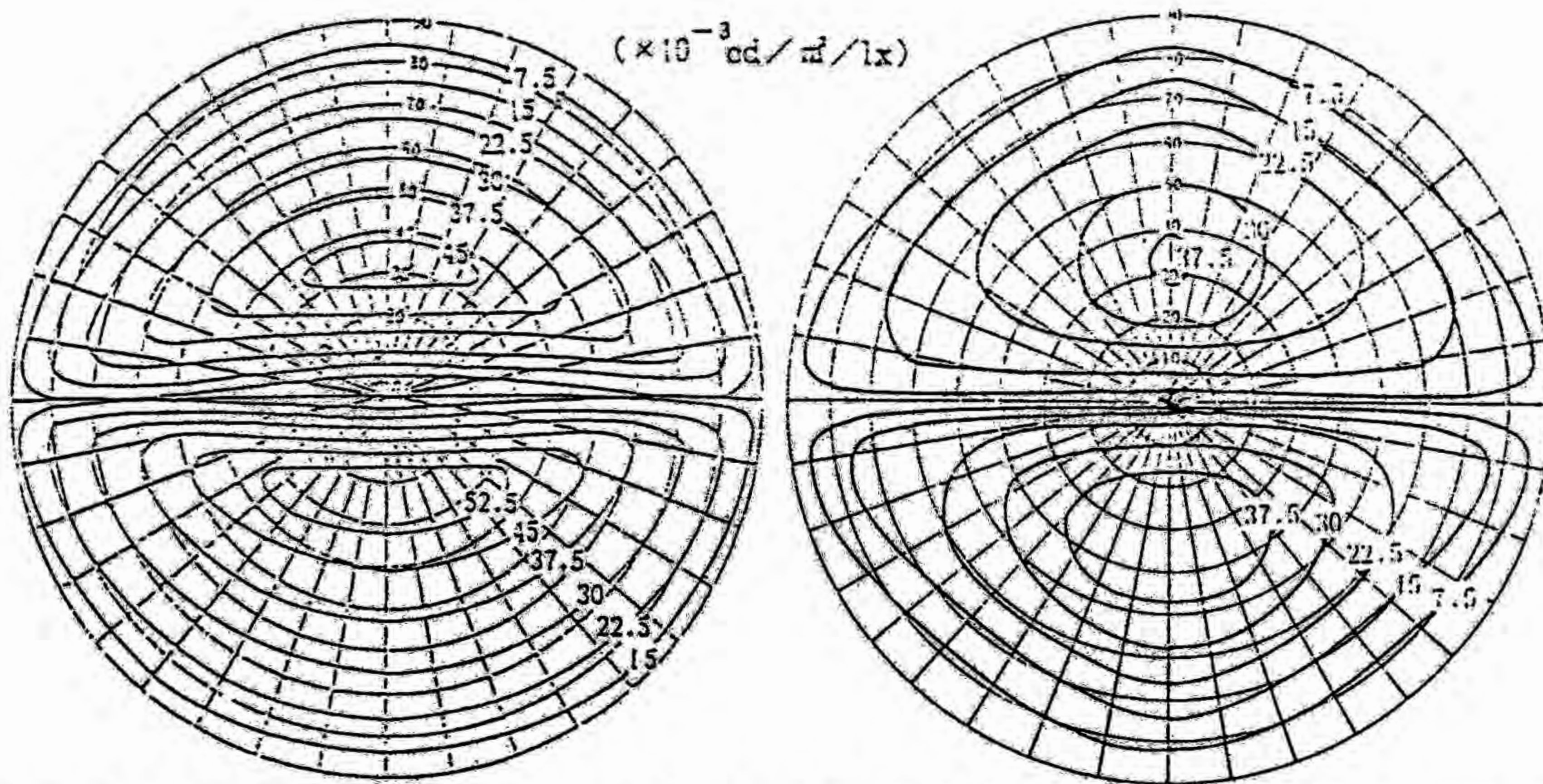
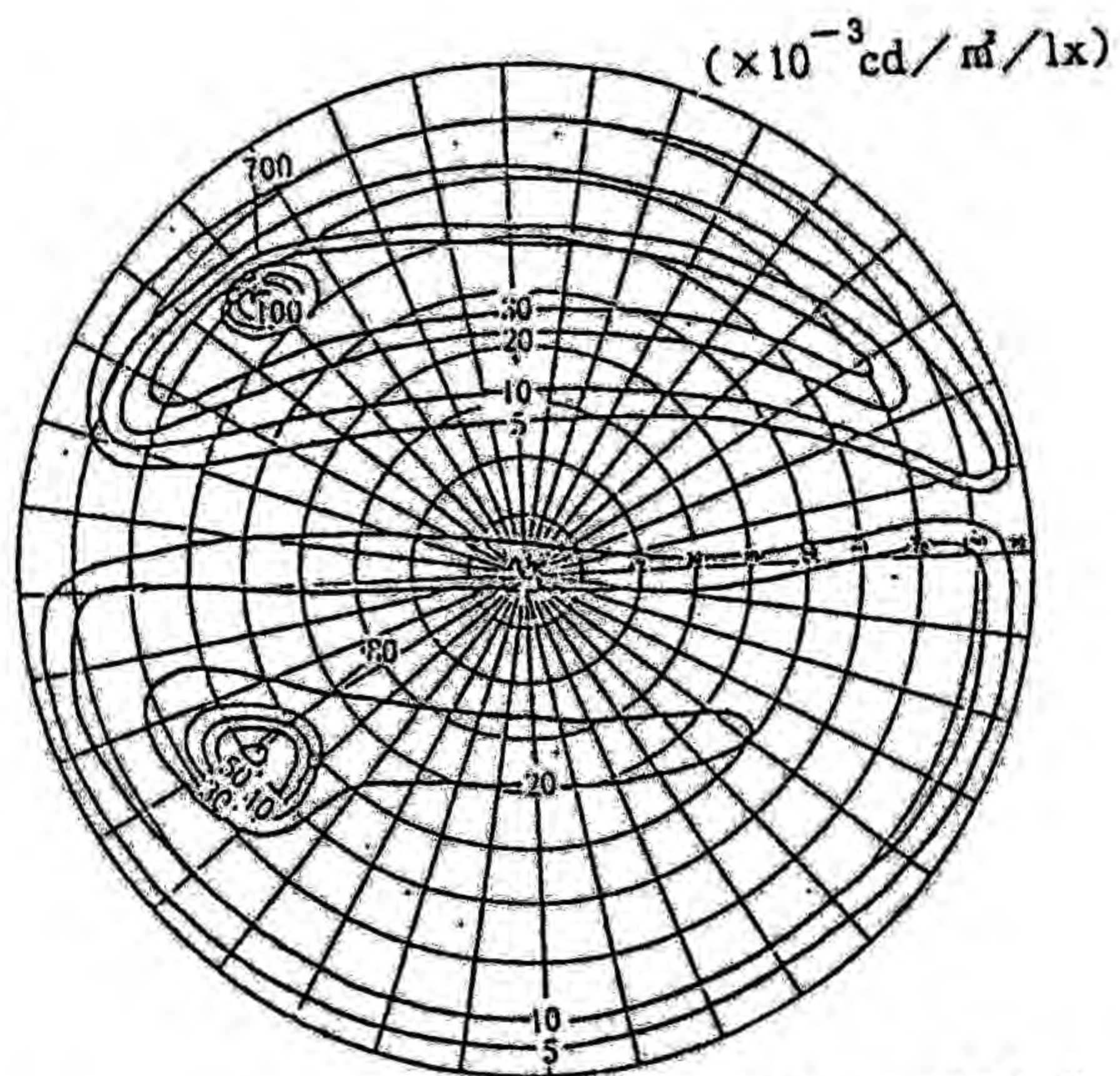


図4.2.2 P点における照度



(入射高度 = 30° , 入射方位角 = 0°) (入射高度 = 60° , 入射方位角 = 60°)

図4.2.3 光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数の分布例



(入射高度 = 30° , 入射方位角 = 45°)

図4.2.4 ベネチアンブラインドの透過指向係数の分布例図

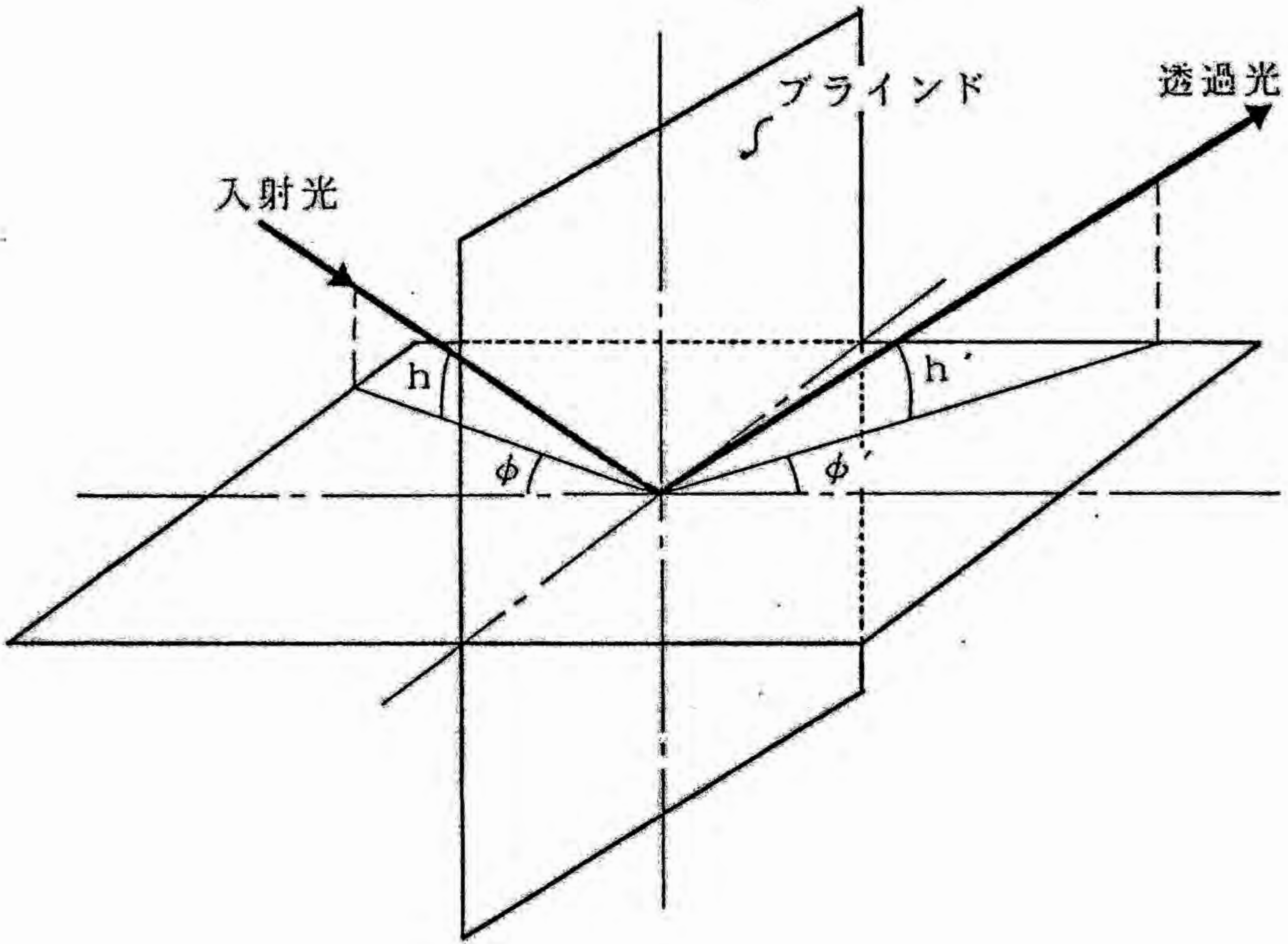


図4.2.5 角度の表示方法

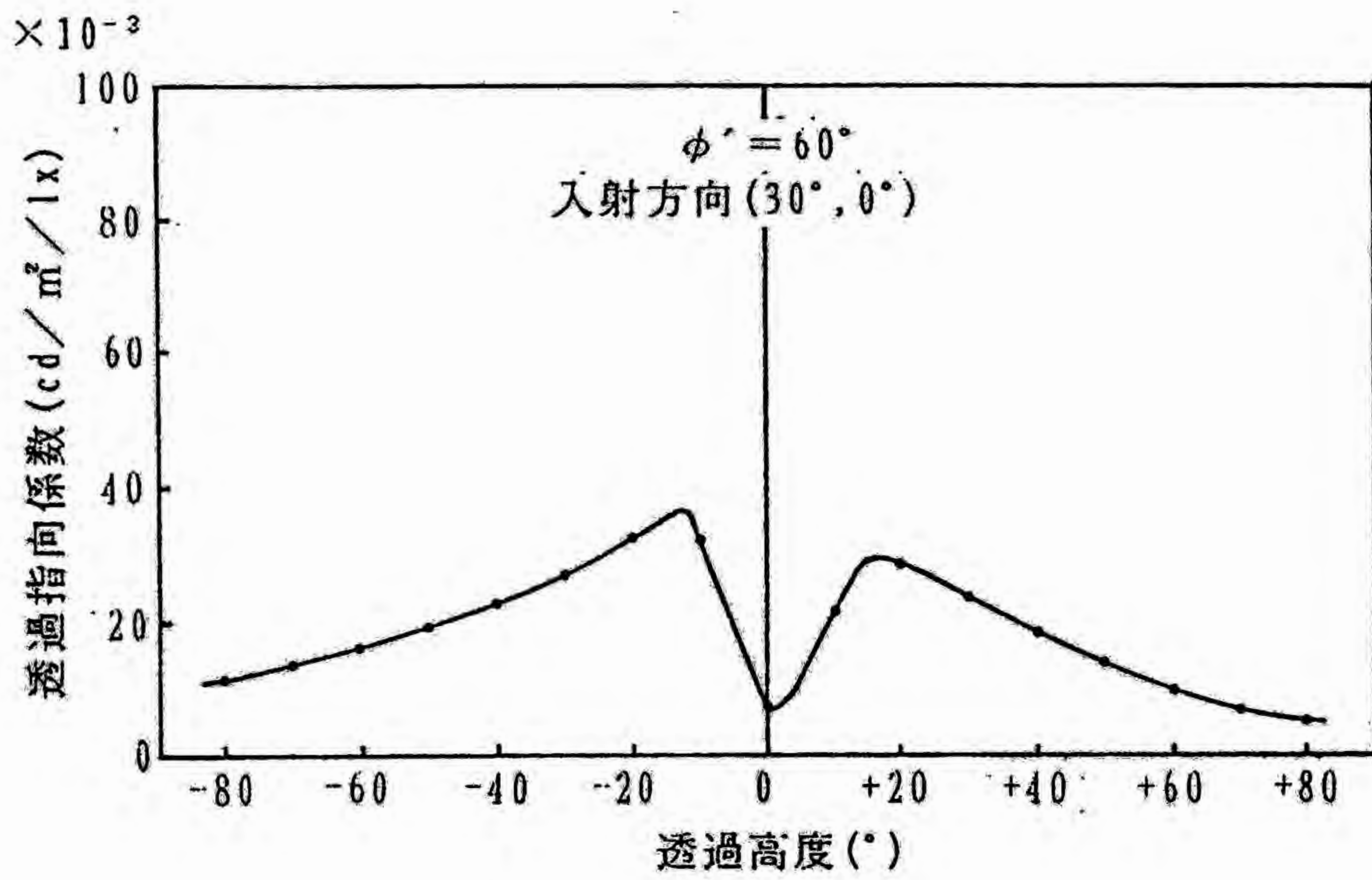


図4.2.6.1 直射日光の透過指向係数と透過高度との関係例(1)

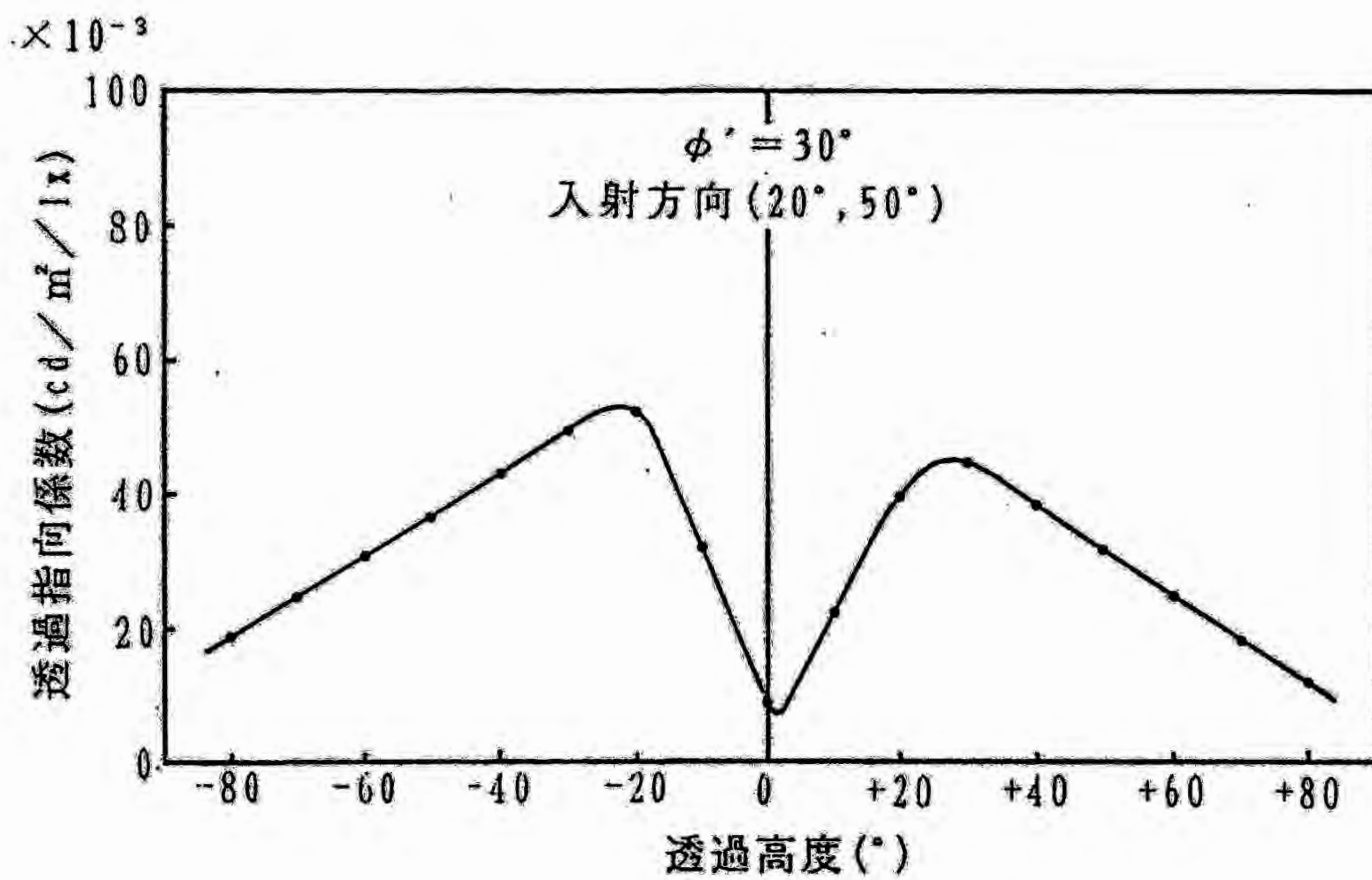


図4.2.6.2 直射日光の透過指向係数と透過高度との関係例(2)

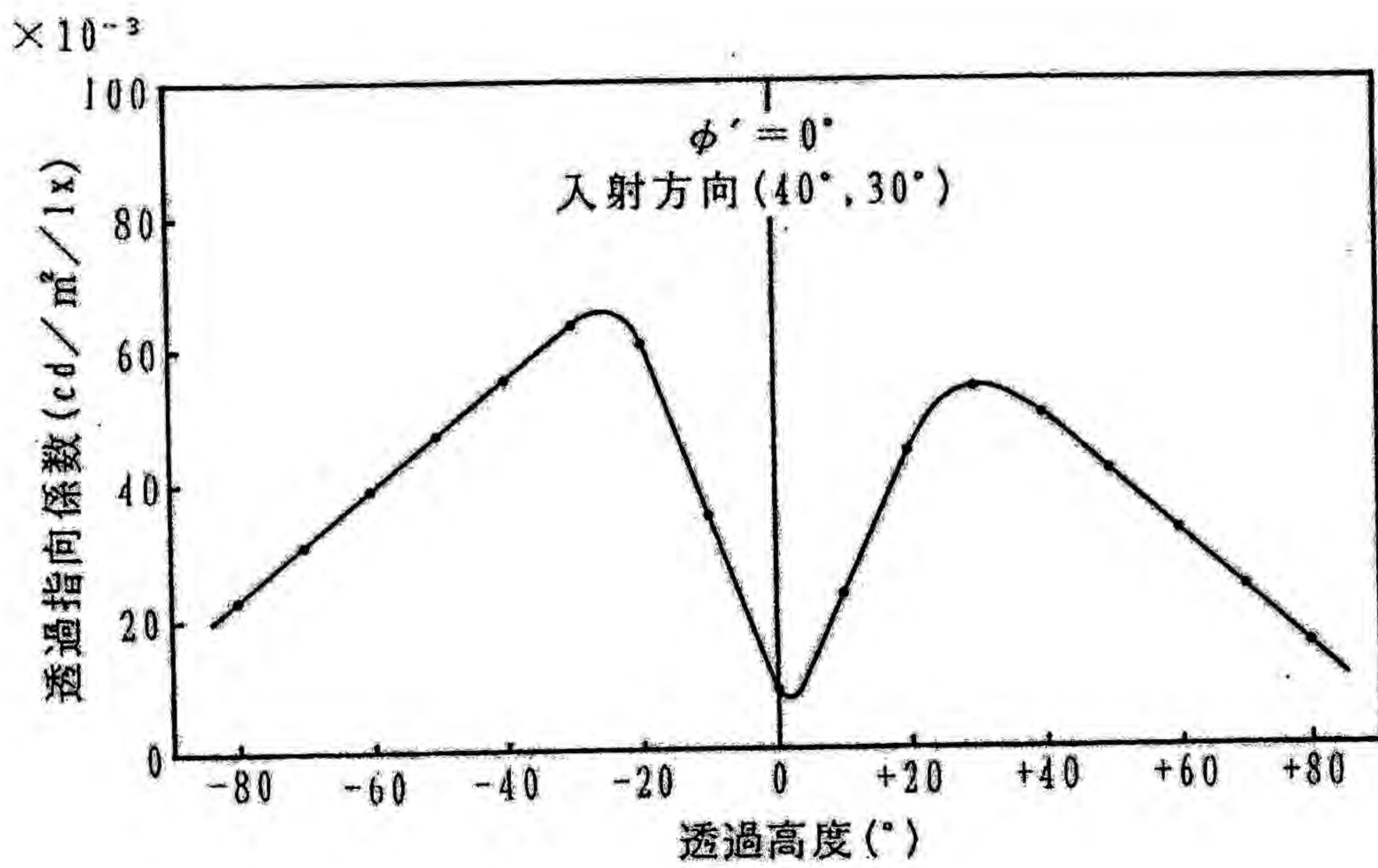


図4.2.6.3 直射日光の透過指向係数と透過高度との関係例(3)

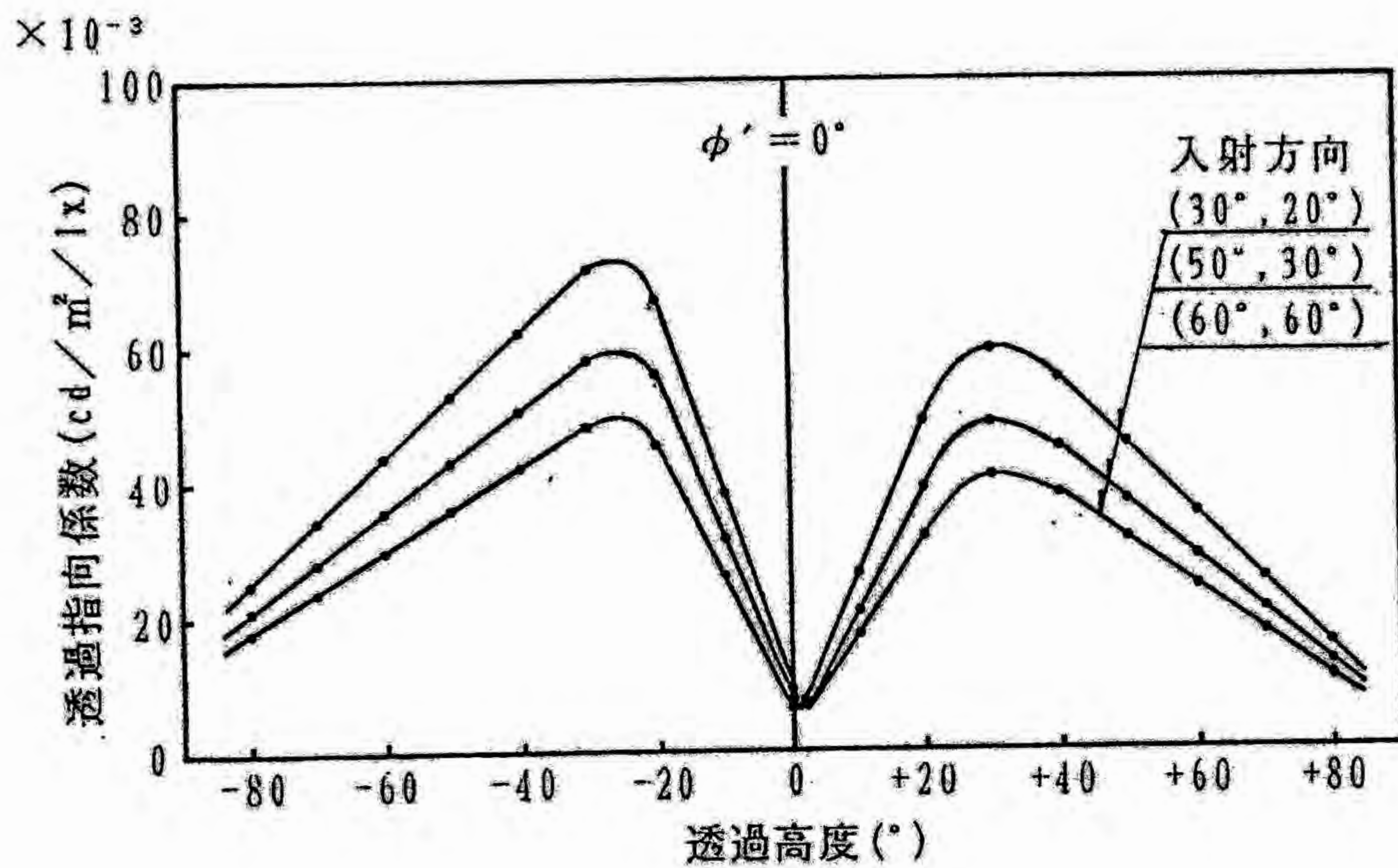


図4.2.7 各種の入射方向による直射日光の透過指向係数と透過高度との関係

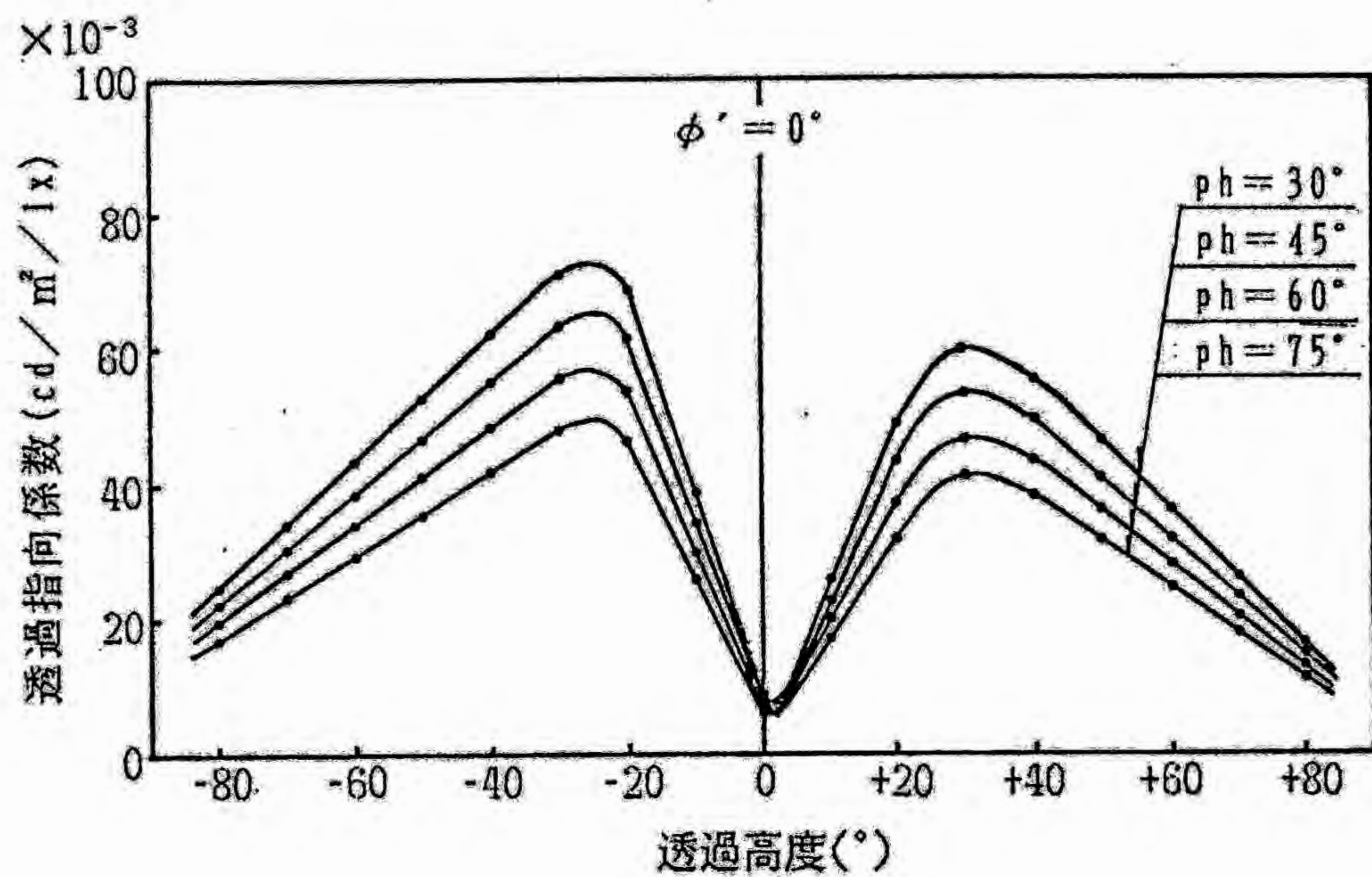


図4.2.8 透過方位角 0° における直射日光の透過指向係数と透過高度との関係

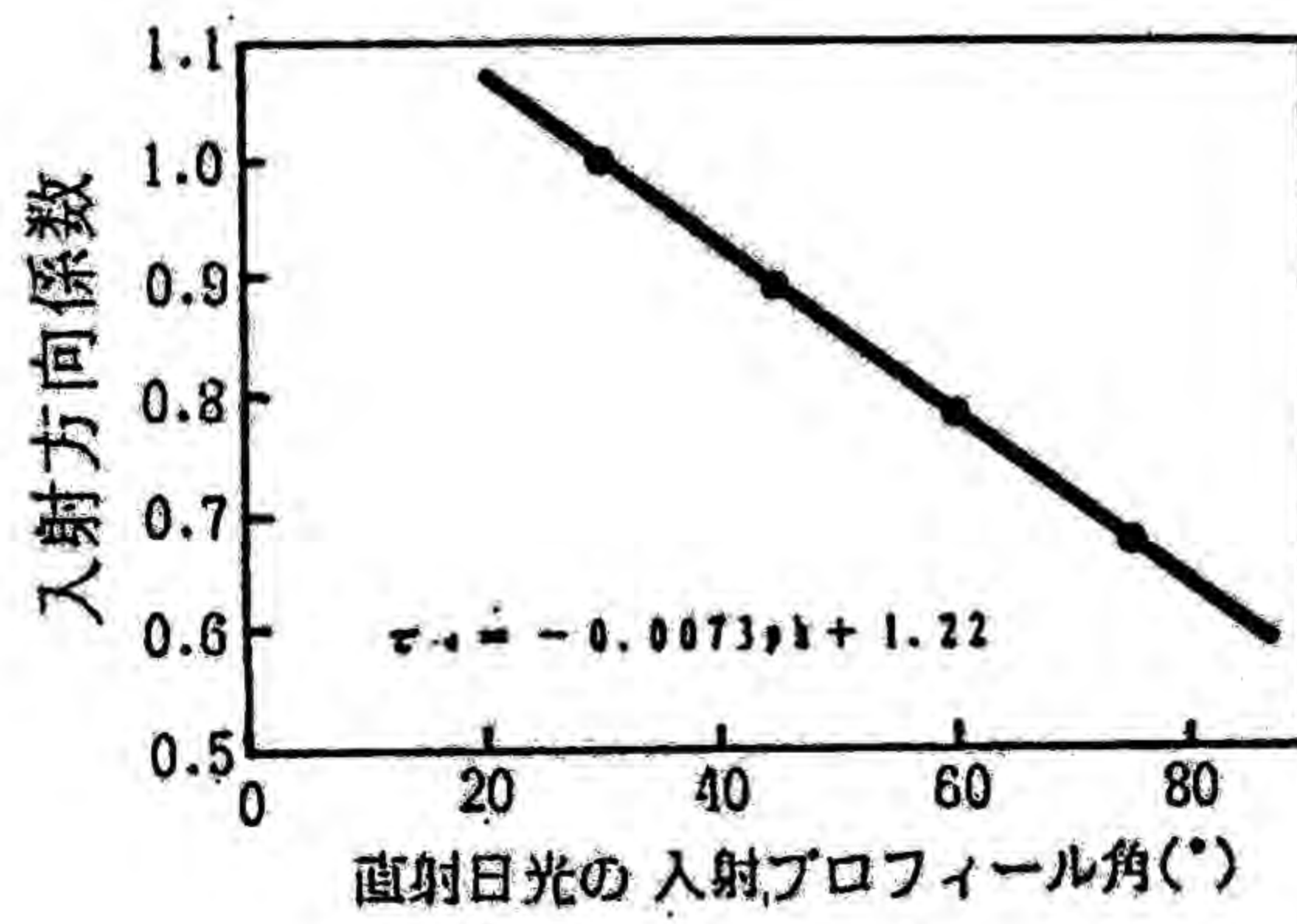


図4.2.9 直射日光の入射方向係数

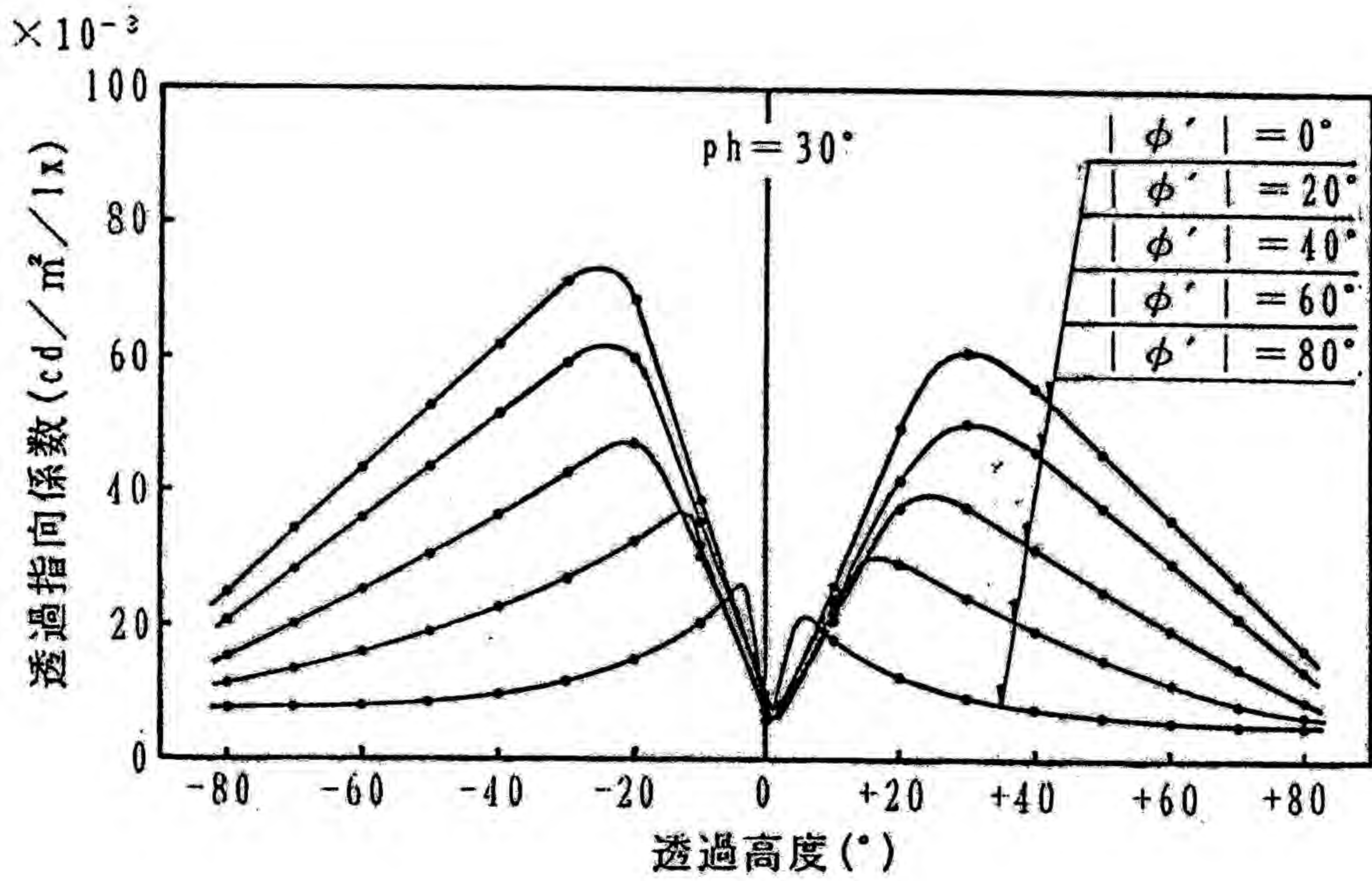


図4.2.10 各種の透過方位角における直射日光の透過指向係数と透過高度との関係

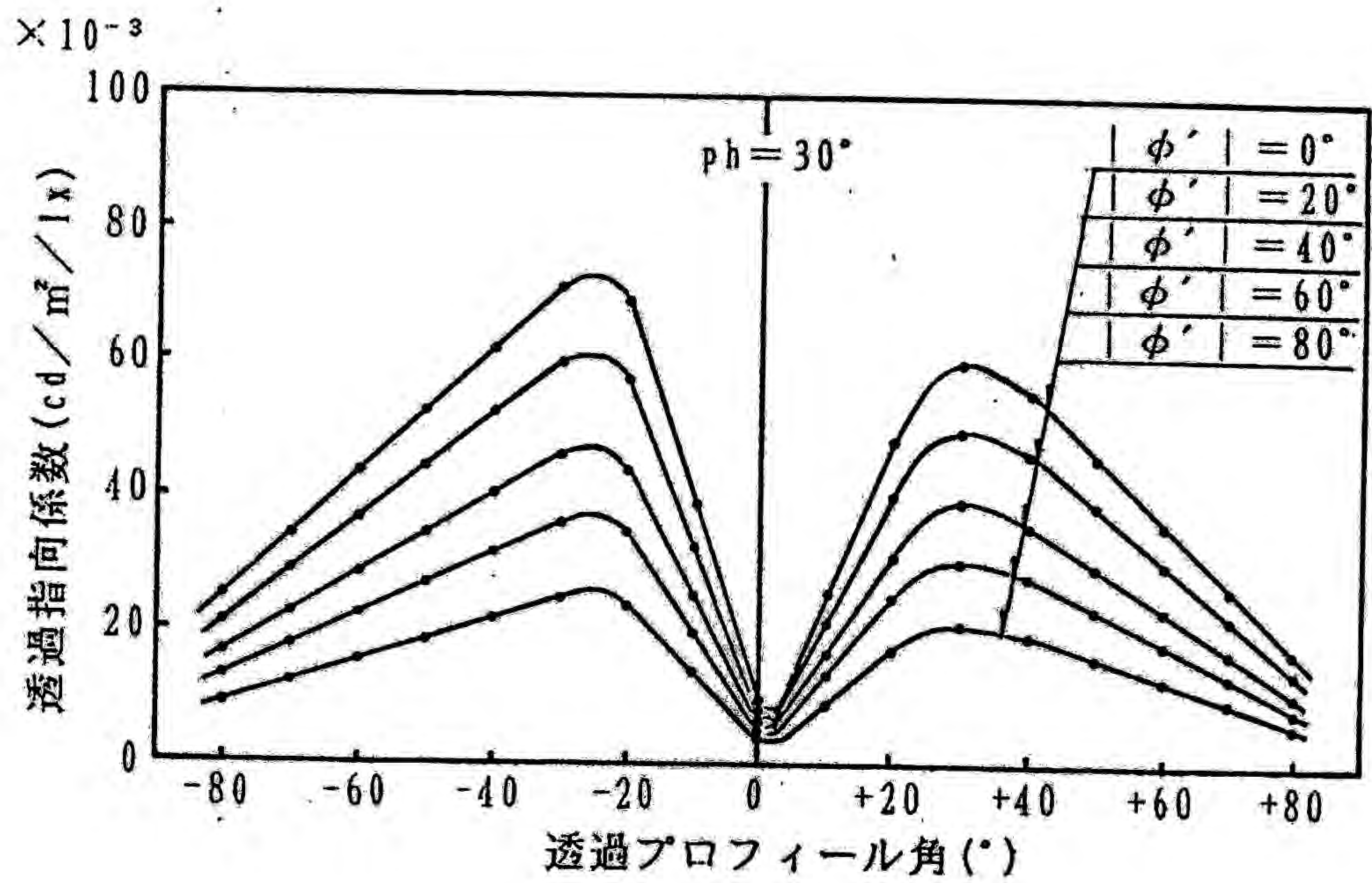


図4.2.11 直射日光の透過指向係数と透過プロフィール角との関係

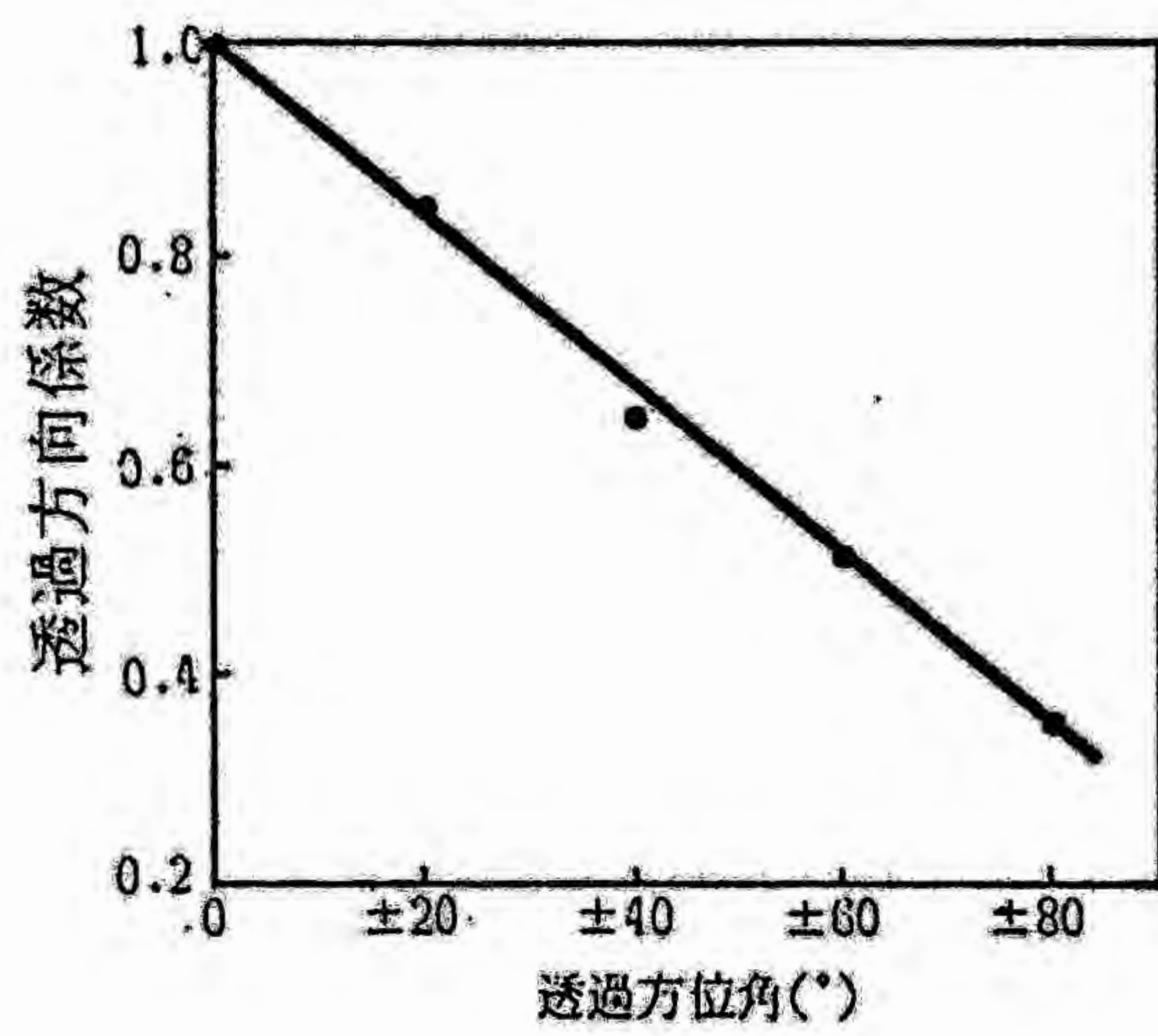


図4.2.12 直射日光の透過方向係数

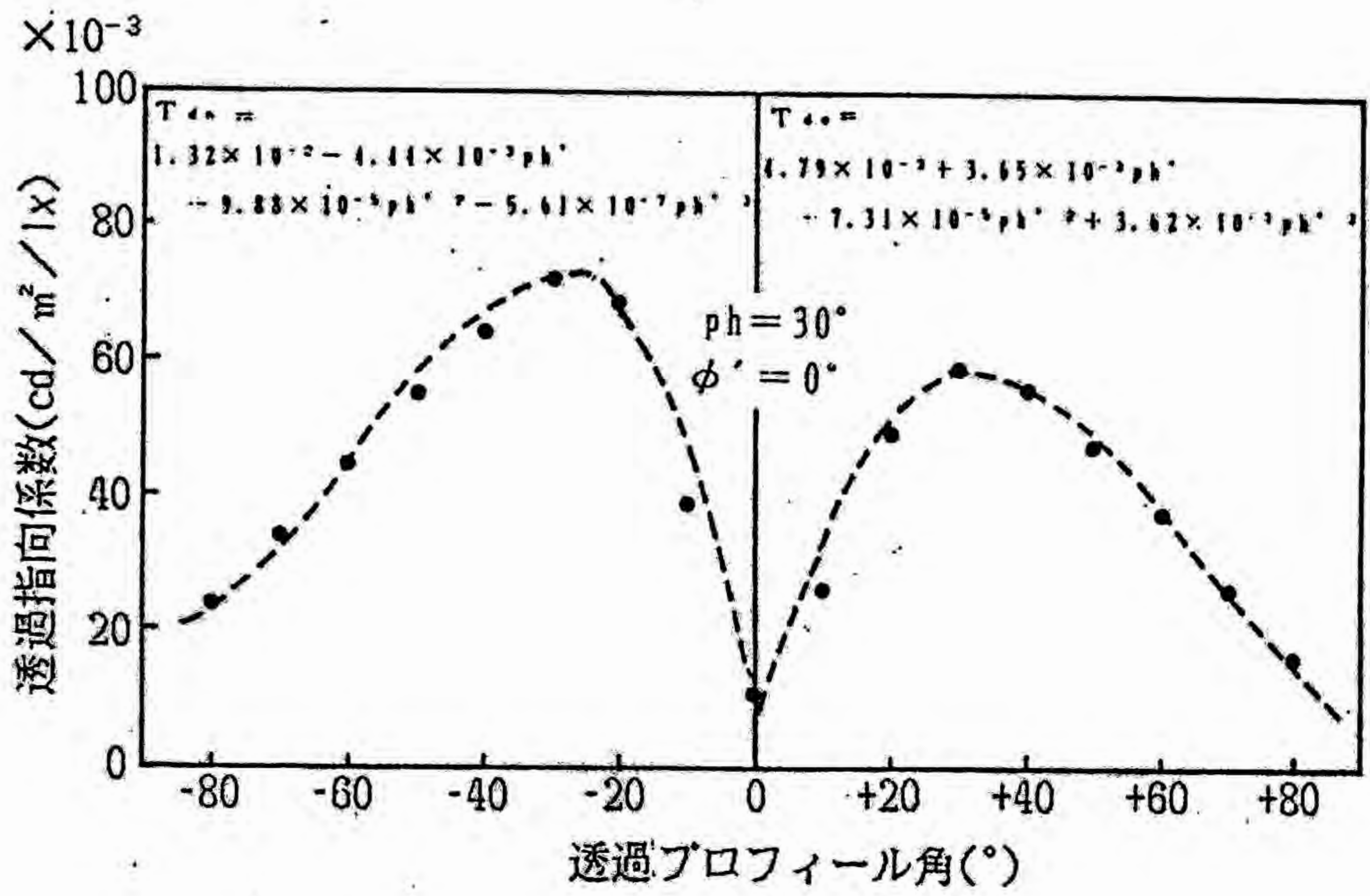


図4.2.13 基準条件における直射日光の透過指向係数の回帰

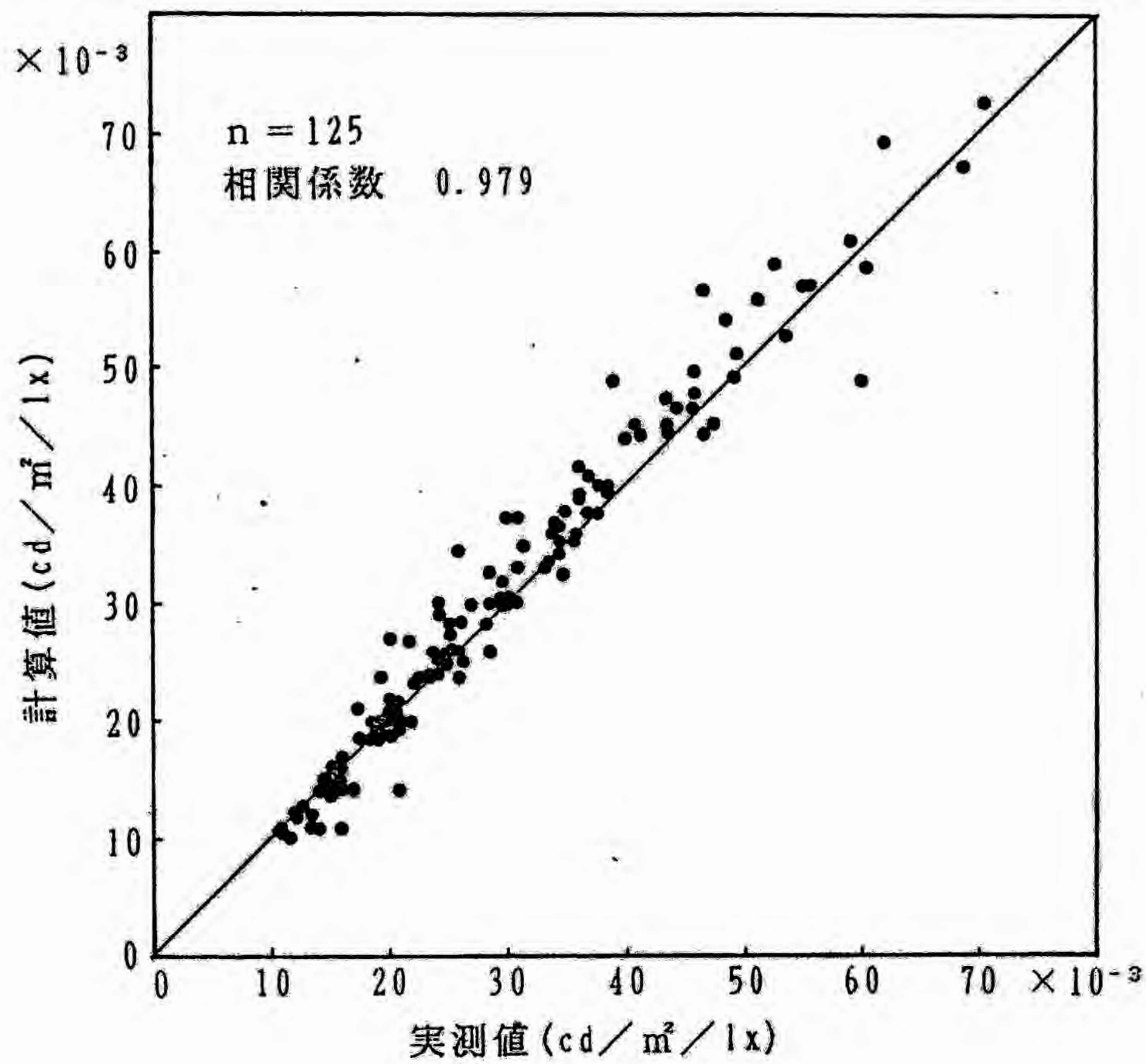


図4.2.14 直射日光の透過指向係数の計算値と実測値の比較

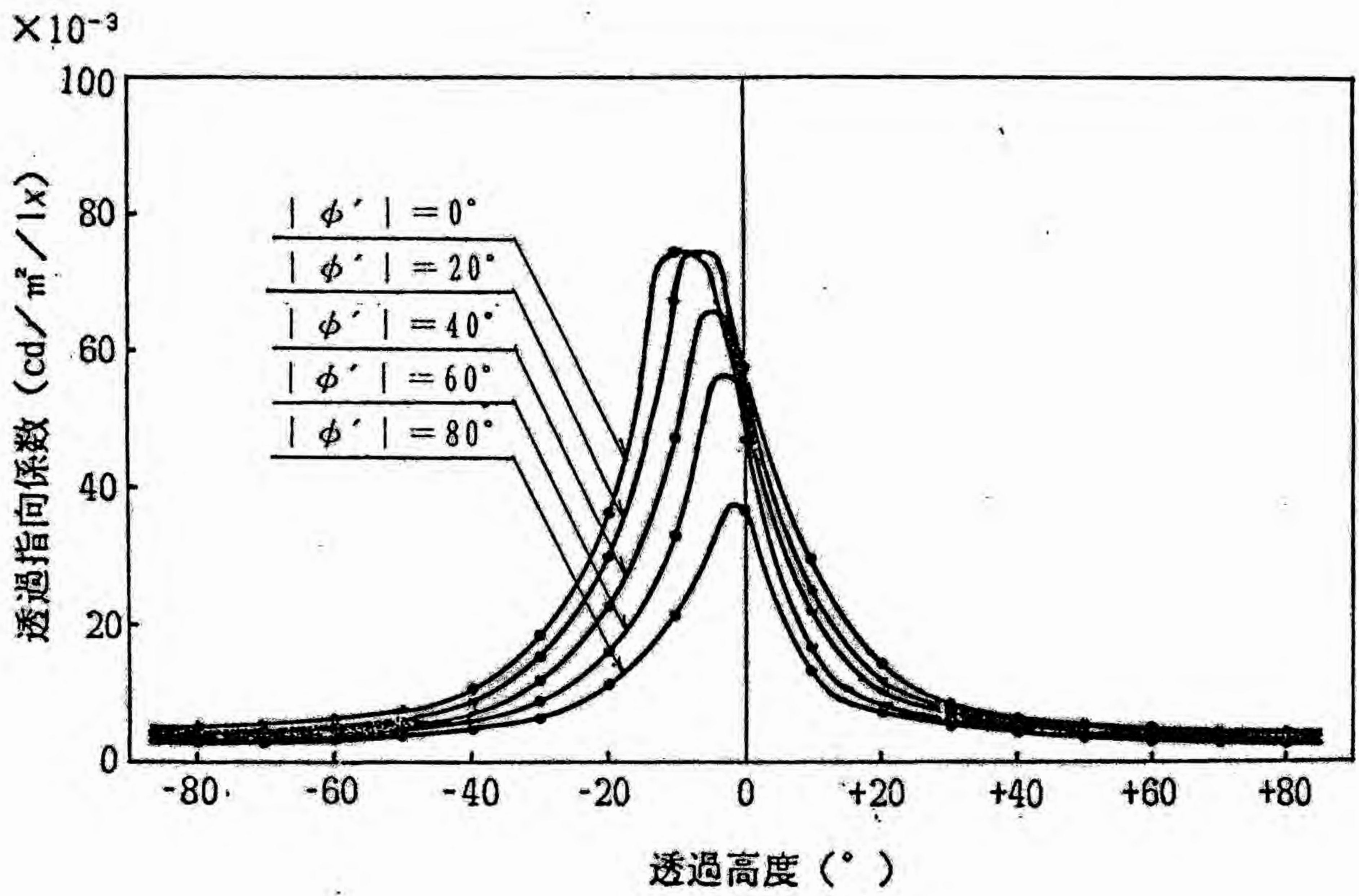


図4.2.15 天空光の透過指向係数と透過高度との関係

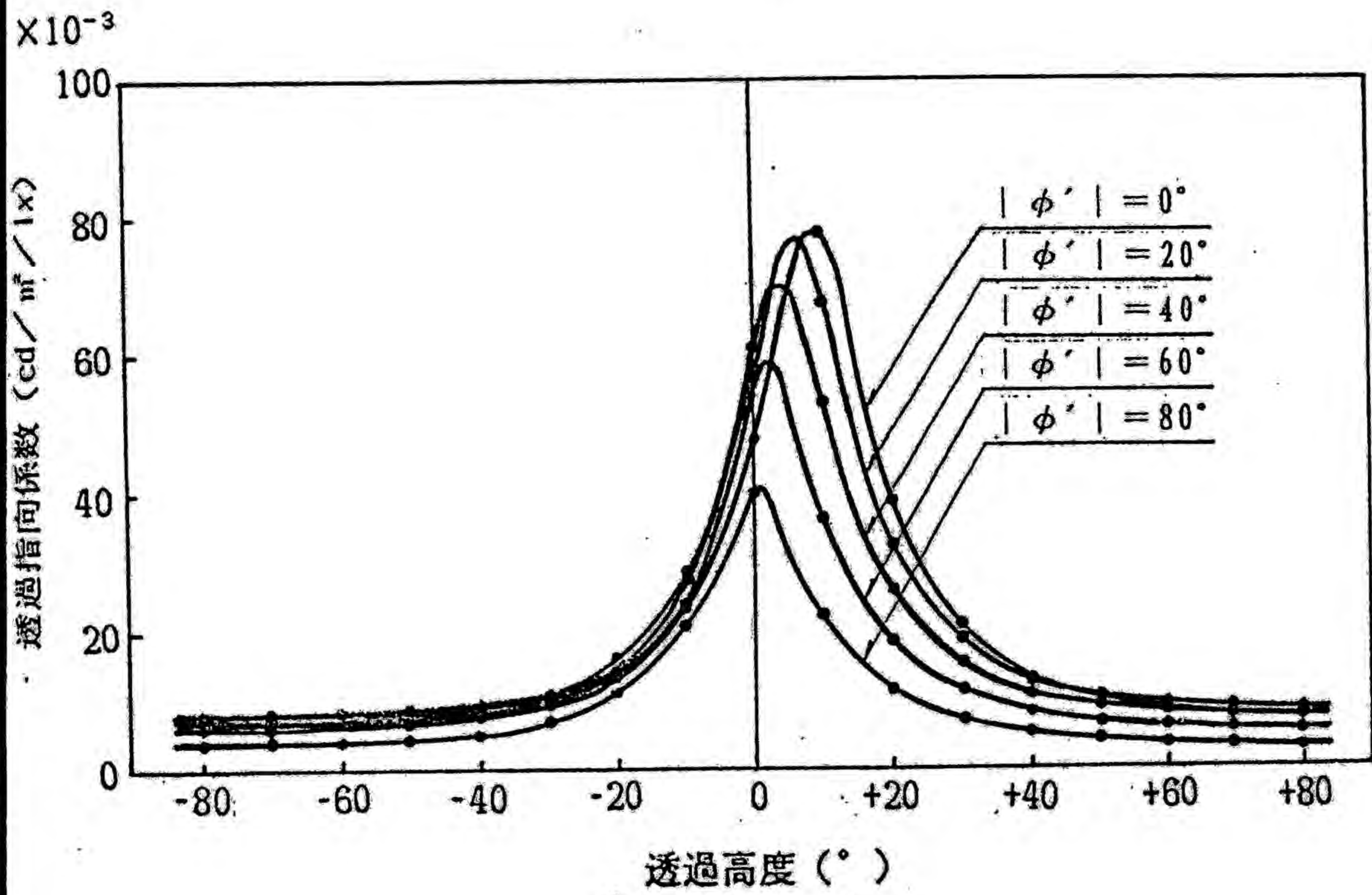


図4.2.16 地物反射光の透過指向係数と透過高度との関係

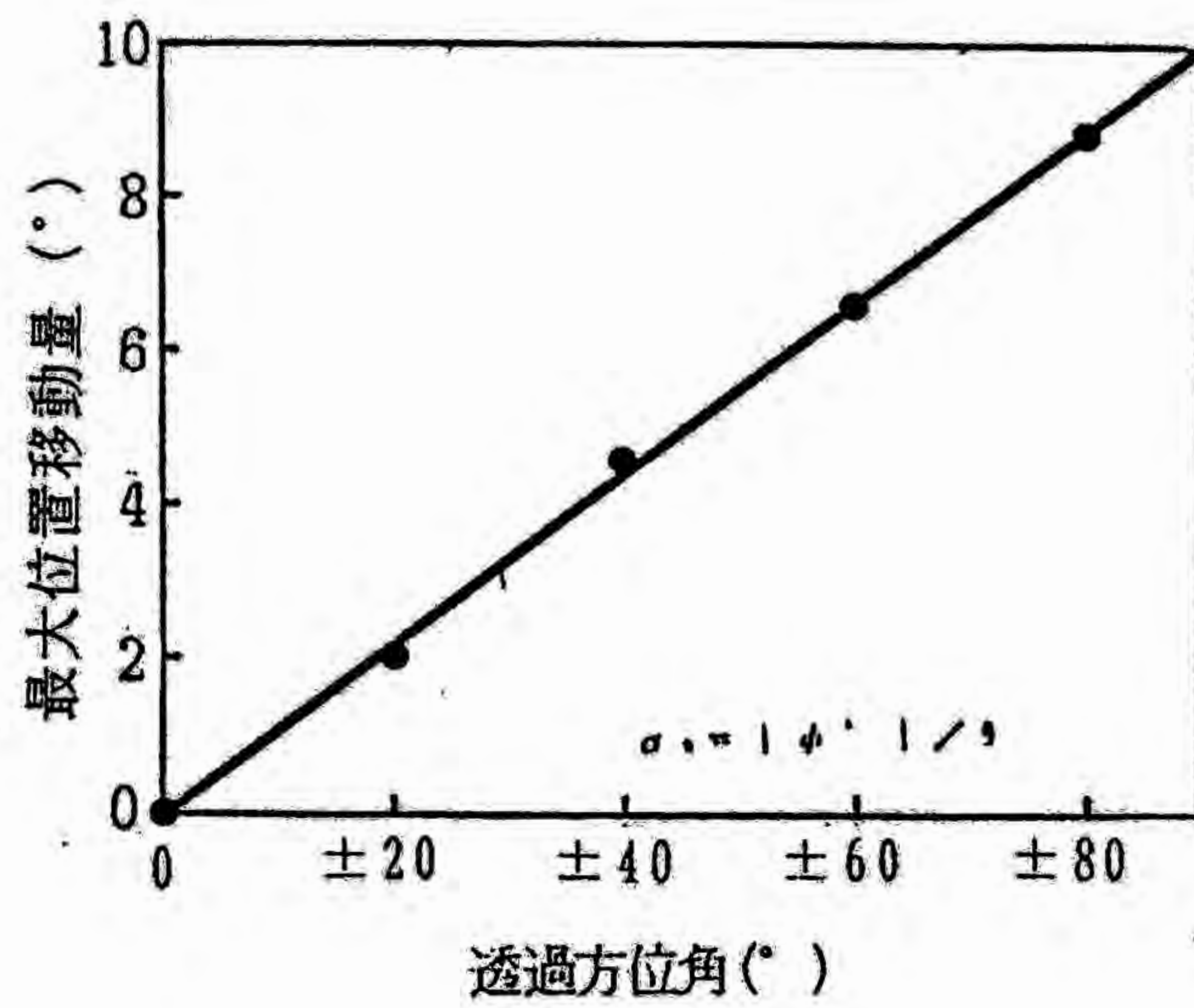


図4.2.17 天空光の場合における最大位置移動量

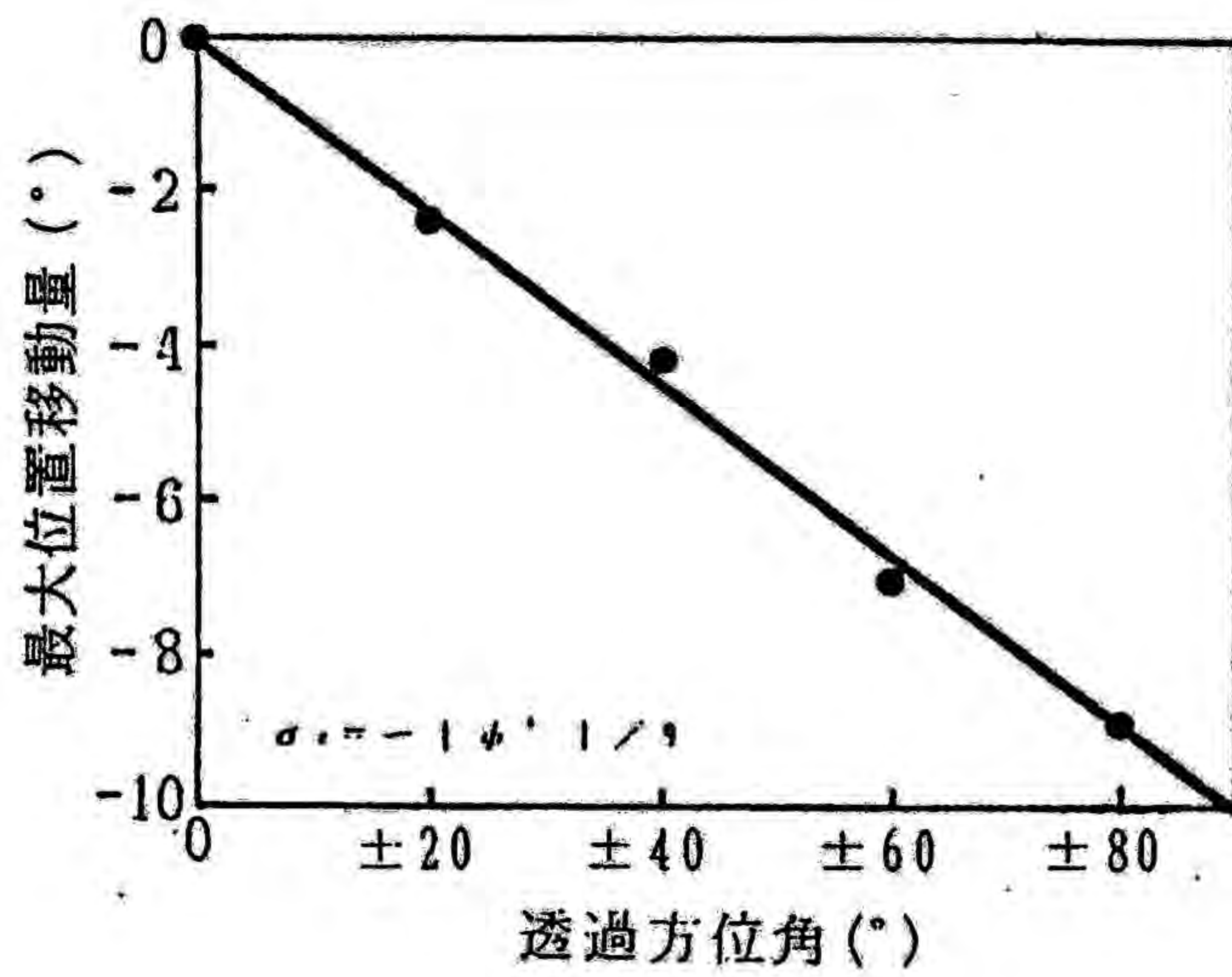


図4.2.18 地物反射光の場合における最大位置移動量

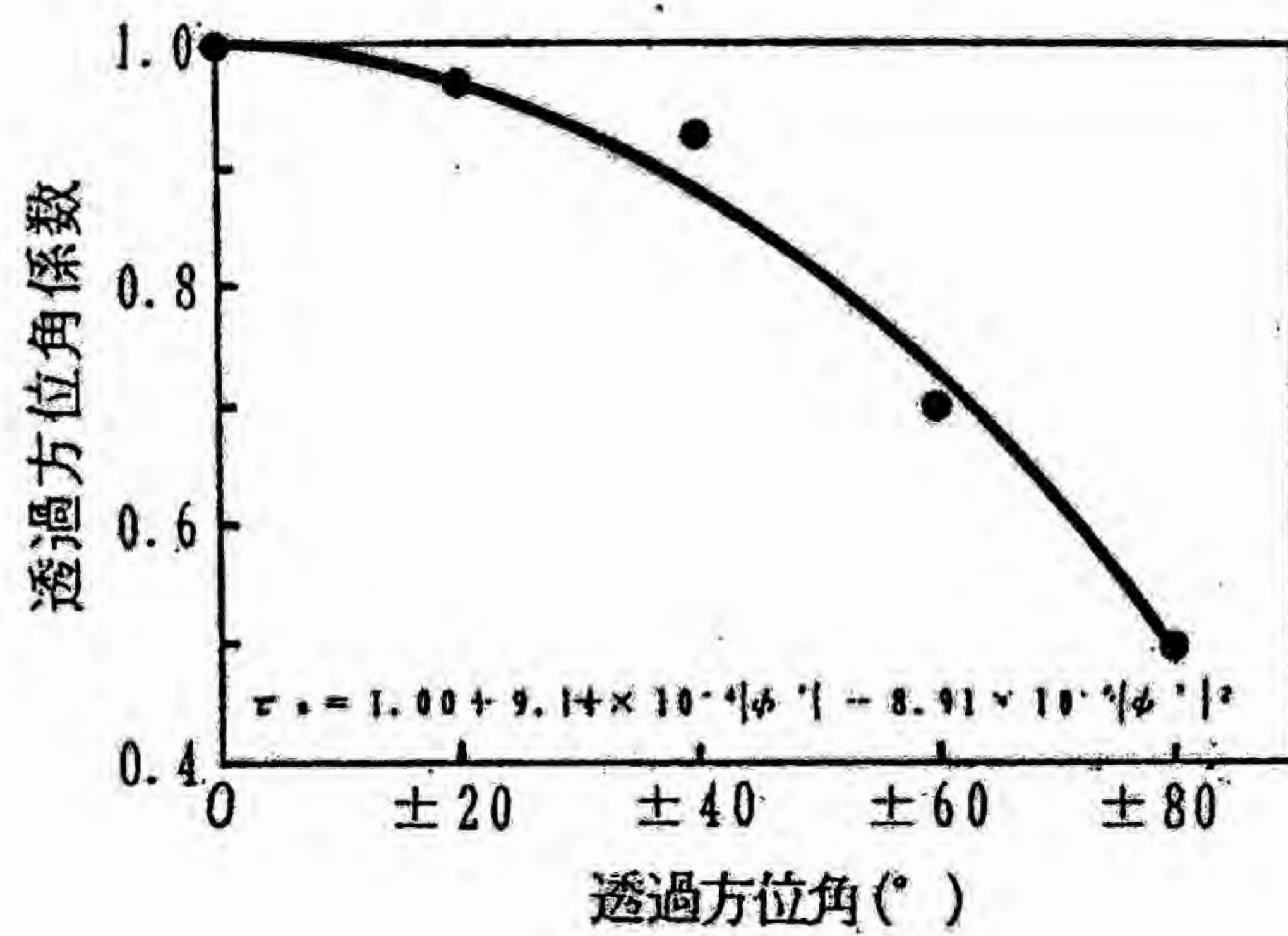


図4.2.19 天空光の場合における透過方位角係数

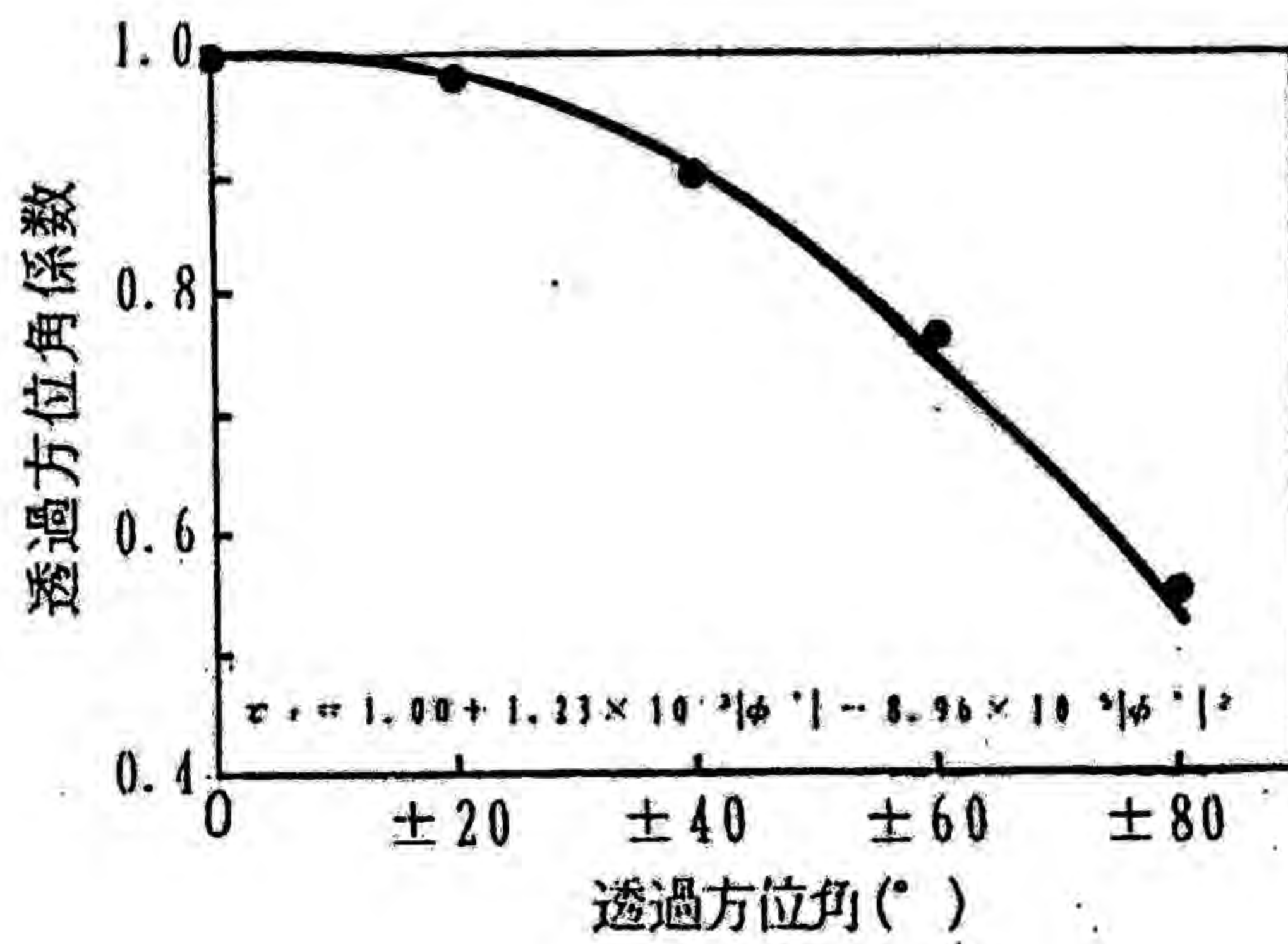


図4.2.20 地物反射光の場合における透過方位角係数

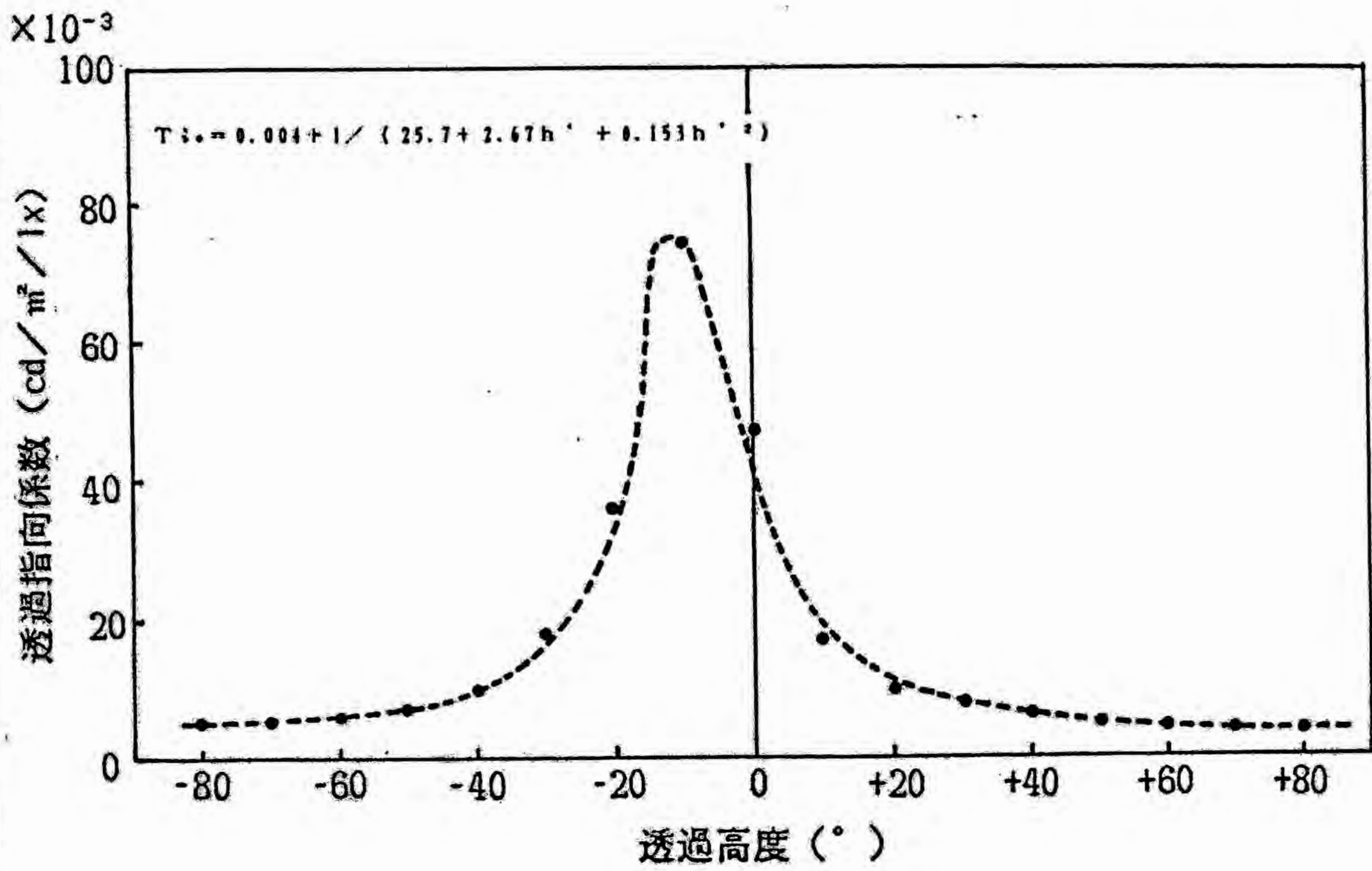


図4.2.21 基準条件における天空光の透過指向係数の回帰

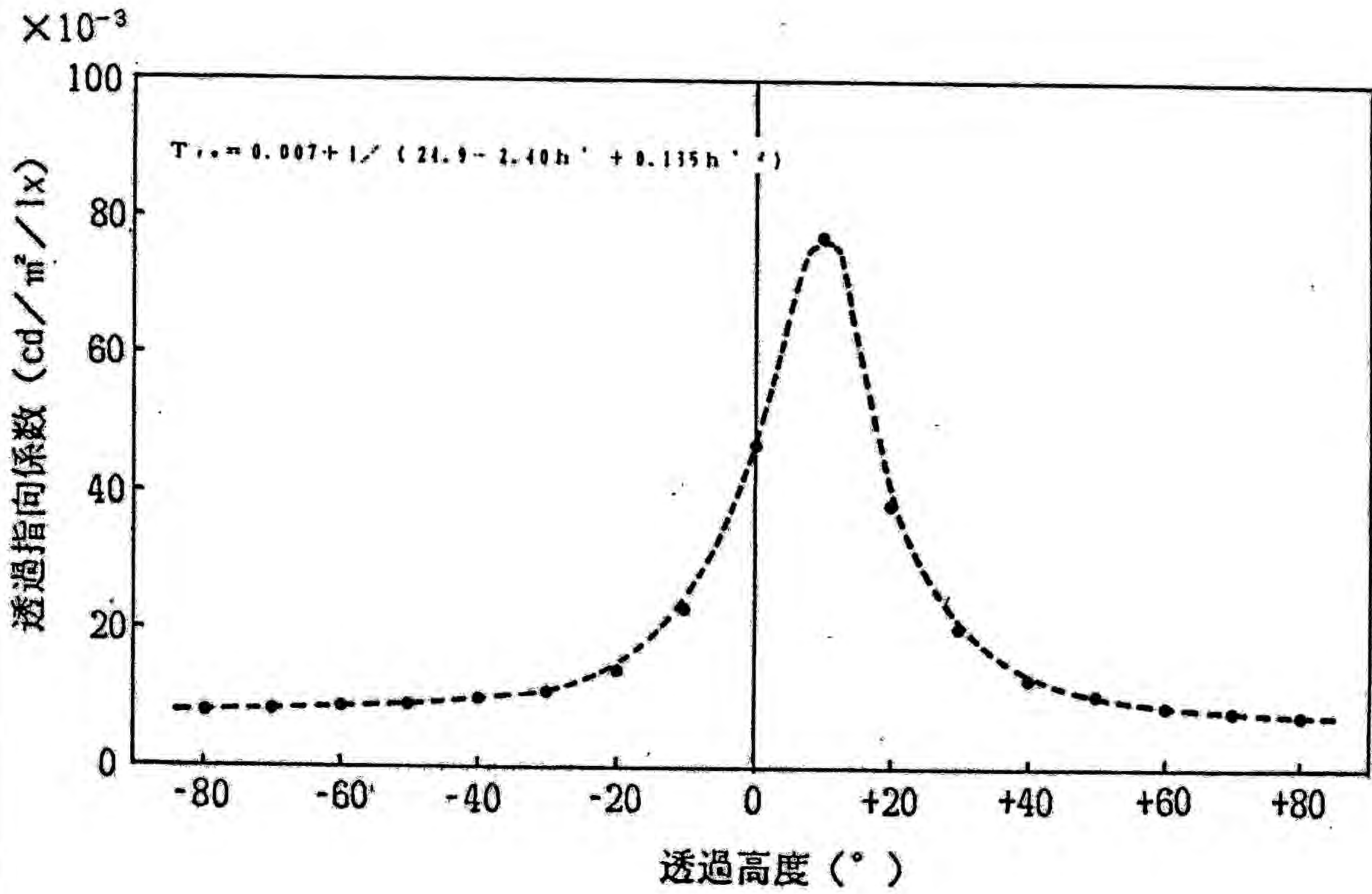


図4.2.22 基準条件における地物反射光の透過指向係数の回帰

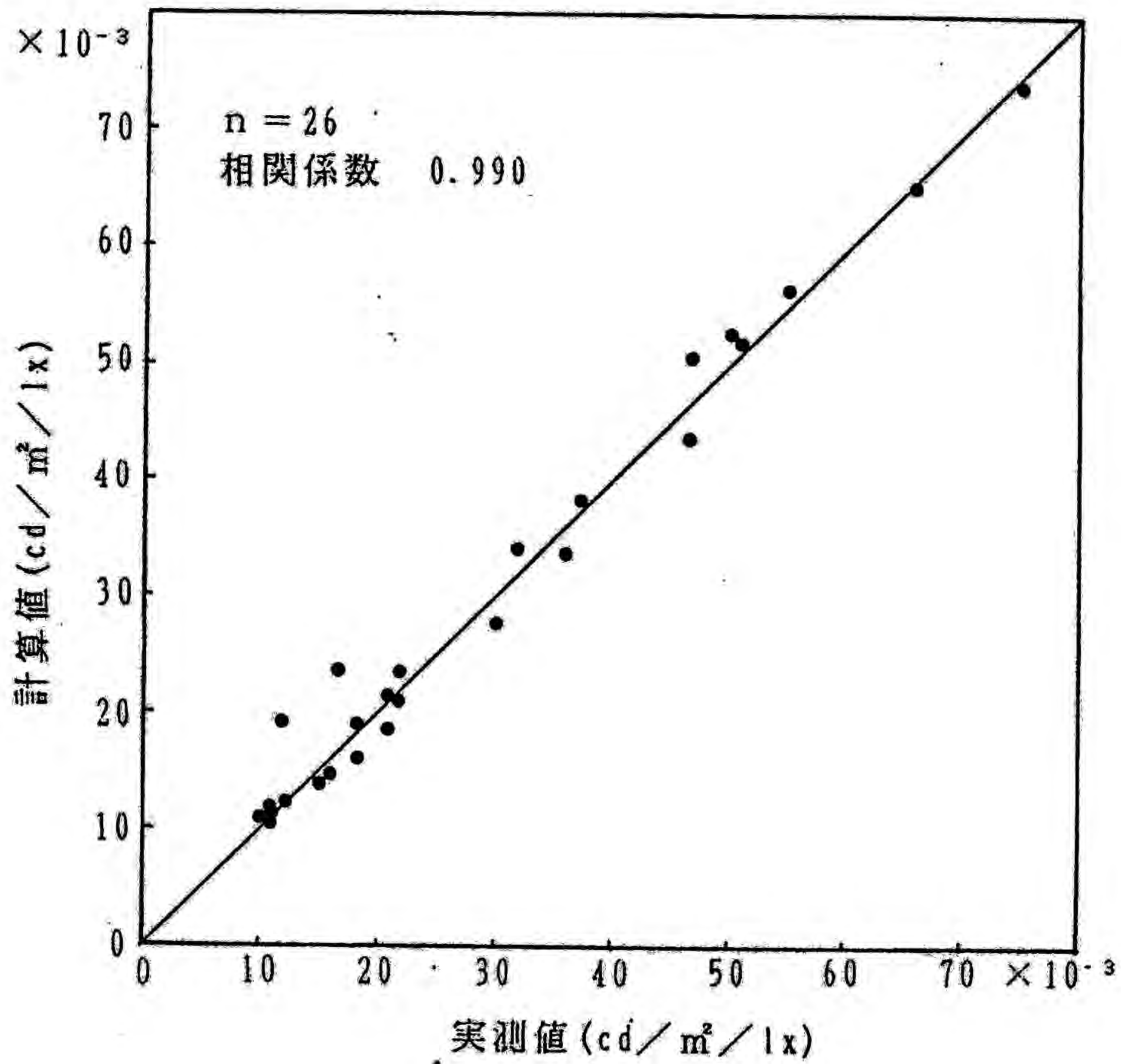


図4.2.23 天空光の透過指向係数の計算値と実測値の比較

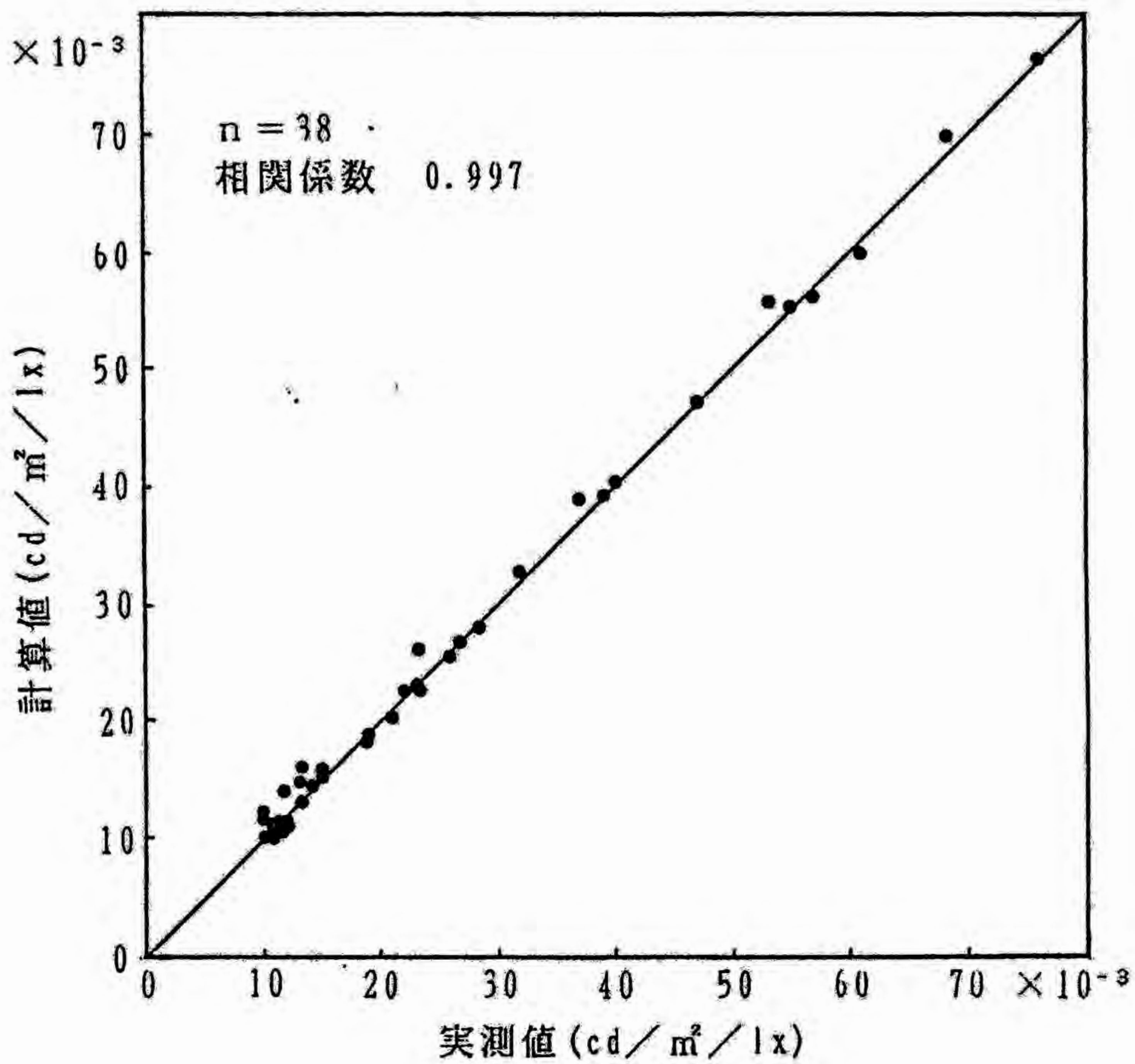


図4.2.24 地物反射光の透過指向係数の計算値と実測値の比較

5. 結論

本研究の結果、直射日光を含む昼光照明設計法に関して次のごとく知見を得たので以下にこれを示す。

1) 1年間に亘る水平面全昼光照度および水平面天空光照度の実測結果から、直射日光照度、および天空光照度の同時出現性を考慮して、屋外および窓ガラス透過後の鉛直面直射日光照度と鉛直面天空光照度を求めた。その結果、同時出現頻度の最も高い代表照度レベルを用いて、屋外での鉛直面直射日光照度の設計用標準値 $32000lx$ 、同天空光照度の設計用標準値 $16000lx$ を示した。

窓ガラス透過後の鉛直面直射日光照度と鉛直面天空光照度については、直射日光の入射角の影響による両照度の同時出現頻度にばらつきが認められることから、設計時に、同時出現頻度を考慮した上で代表照度レベルを算出することによって昼光照明設計用標準値として使用できることを述べた。

2) 直射日光、天空光に続く第三の昼光光源である地物反射光に関しては、実測結果を基に、地物表面の反射率の設計用標準値として、建物 0.4 、樹木、アスファルト路面、土、芝生 0.1 、コンクリート地面 0.2 を得るとともに、窓面昼光照度の実測値と計算値の比較によってこれらの地物表面の反射率の設計用標準値としての妥当性を示した。

3) 住宅の外部環境は、近隣での建築物の増加や樹木の成育等にともない時系列的に変化するが、住宅の昼光環境に最も影響を及ぼす天空については、住宅周辺にほぼ空地がなくなった時点よりその立体角投射率はほぼ一定であることが明らかになった。

4) 住宅の昼光照明環境は複雑に存在する窓前の外部環境に影響される。よって、大阪府下において住宅外部環境の実測調査を行って外部環境の要素別に立体角投射率を求めて、住宅周辺の建蔽率や前面道路の有無、対象とする窓面（鉛直面）の方位との関係を示した。

5) 直射日光を拡散光に変え室内に入射させることのできる光拡散性固定型ブラインドを窓に装備した場合の室内照度分布の算定法を検討した結果、室内作業面での昼光照度の算定は、直射日光、天空光、地物反射光の各成分に基づく直接照度分布の算定と作業面切断法による間接照度分布の算定によって、実用上十分な精度で室内作業面昼光照度を予測できることを示した。

6)近年のコンピュータ導入による昼光照明設計作業に用いるべく、光拡散性固定型ブラインドの透過指向特性の数式化を行うと共に、季節、時刻、天候等により著しく変動する直射日光をも含めて実用的精度での昼光照明設計法を提案した。

以上の結果より、本研究においては、これまでその取扱いが困難な故に排除されていた直射日光を、光拡散性固定型ブラインドを窓に装備することによって昼光照明用光源として充分利用できること示し得たと同時に、光拡散性固定型ブラインドに基づく直射日光を含む昼光照明設計法について十分な検討が行えたものと考えらる。

謝辞

本論文は、筆者が大阪市立大学大学院在学中に行った研究結果をとりまとめたものであり、筆者が、本研究を進めるにあたって、終始、懇篤なるご指導、ご助言、ご援助を賜った、大阪市立大学教授中根芳一先生に謹んで感謝の意を表します。

また、筆者が大学院在学中以来、研究者としての様々な基礎教育を授けて下さり、ときには教師として、ときには先輩として、ときには同胞として様々なご指導やご助言を賜った、大阪市立大学助手土井正先生、名古屋工業大学助教授（元大阪市立大学講師）堀越哲美先生、大阪市立大学助教授宮野道雄先生、大阪市立大学講師永村一雄先生、大阪市立大学教授住田昌二先生、大阪市立大学教授梶浦恒男先生、大阪産業大学教授（元大阪市立大学教授）持田照夫先生、熊本女子大学教授（元大阪市立大学助教授）齊藤昇先生に深く感謝いたします。

さらに、本研究の経過をしばしば発表する機会を与えて下さり、研究上の様々な問題点や、疑問点について、長時間に亘って有益なご意見をいただいた、日本建築学会近畿支部光環境部会の伊藤克三先生、松浦邦男先生、野口太郎先生、佐藤隆二先生、大野治代先生、井上容子先生の諸先生方を始めとし、部会員の皆様に深く感謝いたします。

思い起こせば、筆者が大阪市立大学大学院に入学し、今日の学位論文執筆の機会を与えて下さったとも言うべき、大阪市立大学名誉教授上林博雄先生、日本女子大学教授瀬沼勲先生、日本女子大学助教授沖田富美子先生に心より感謝いたします。

なお、実測課程、分析課程では、多大なるご助力をいただいた大阪市立大学技術員横田圭氏、大阪市立大学生活科学部住居機構学研究室院生、北本裕之氏、徳山知子氏、喜納アリセ氏、および研究室の皆様に感謝いたします。

最後に、この間、心からの援助と激励で支えてくれた私の両親および夫に感謝いたします。

研究発表一覧

「2. 昼光光源の設計用資料化」に関するもの

1)昼光照度及び日射量に関する研究 その3. 太陽直射光及び天空光照度の同時性を考慮した出現頻度からの検討

中根芳一・土井正・岩田三千子：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.469~470 1987

2)昼光照明設計のための地物反射率に関する研究

岩田三千子・中根芳一：「大阪市立大学生活科学部紀要」、Vol.35 pp.123~131 1987

3)昼光照度の出現実態

土井正・岩田三千子・中根芳一：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.191~192 1989

4)昼光利用照明設計のための基礎研究（その7）直射日光および天空光の同時性を考慮した出現頻度に関する研究

土井正・岩田三千子：「大阪市立大学生活科学部紀要」、Vol.37 1989
(印刷中)

「3. 住宅における昼光環境予測」に関するもの

1)住宅周辺環境の標準化に関する研究 光環境からみた建物・樹木量などについて

伏原(岩田)三千子・中根芳一・土井正：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.257~258 1983

2)昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その2. 周辺環境構成要素の窓面での立体角投射率と居住者の評価との関係

伏原(岩田)三千子・土井正・中根芳一：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.345~346 1984

3) 昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究

伏原(岩田)三千子・土井正・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.24 pp.173~176 1984

4) 昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その3.
モニタージュスライドによるアンケート評価

岩田三千子・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.26 pp.57~60 1986

5) 昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その4.
モニタージュスライドによるアンケート評価と周辺環境の立体角投射率比との関係

岩田三千子・中根芳一：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.631~632 1986

6) 昼光照明設計のための住宅外部環境のモデル化

岩田三千子・土井正・中根芳一：「大阪市立大学生活科学部紀要」、Vol.34 pp.139~148 1986

7) 昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その5.
札幌の住宅周辺環境について

岩田三千子・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.27 pp.57~60 1987

8) 住宅外部環境の時系列変化について

岩田三千子・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.28 pp.77~80 1988

9) 昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その7.
住宅周辺環境の地域特性について

岩田三千子・徳山知子・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.28 pp.81~84 1988

10) 住宅昼光環境の時系列変化に関する研究

岩田三千子・中根芳一：「大阪市立大学生活科学部紀要」、Vol.36 pp.99~104 1988

11) 都市住宅の外部環境調査

岩田三千子・中根芳一：「日本家政学会誌」

「4. 窓装備の設計用資料化」に関するもの

1) 昼光利用照明設計のための住宅周辺環境のモデル化に関する研究 その6. 光拡散性ブラインドによる室内照度予測

岩田三千子・中根芳一・土井正：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.483~484 1987

2) 光拡散性固定型ブラインドによる室内照度分布の算定

岩田三千子・杉岡弘美・北本裕之・横田圭・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.28 pp.89~92 1988

3) 光拡散性固定型ブラインドによる室内照度分布の算定

岩田三千子・北本裕之・杉岡弘美・土井正・中根芳一：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.21~22 1988

4) 光拡散性固定型ブラインドによる室内照度分布の算定

岩田三千子・杉岡弘美・北本裕之・土井正・横田圭・中根芳一：「大阪市立大学生生活科学部紀要」、Vol.36 pp.113~119 1988

5) 光拡散性固定型ブラインドによる室内照度分布の算定 その2.

岩田三千子・小谷泰代・土井正・中根芳一：「日本建築学会近畿支部研究報告集計画系」、Vol.29 pp.229~232 1989

6) 光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数

岩田三千子・土井正・中根芳一：「日本建築学会大会学術講演梗概集D環境工学」、pp.207~208 1989

7) 光拡散性固定型ブラインドによる室内照度算定法

岩田三千子・小谷泰代・源田晋司・土井正・中根芳一：「大阪市立大学生生活科学部紀要」、Vol.37 1989 (印刷中)

8) 光拡散性固定型ブラインドの透過指向係数の数式化

岩田三千子・土井正・中根芳一：「日本建築学会計画系論文報告集」、
(審査中)