

奨励研究助成実施報告書

助成実施年度	2021 年度
研究課題（タイトル）	建築環境工学における日影曲線の理論的導出に関する記述の歴史的変遷の分析
研究者名※	降幡 昇
所属組織※	信州大学大学院総合理工学研究科 工学専攻 建築学分野 中谷研究室
研究種別	奨励研究
研究分野	その他
助成金額	80 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

（ ）は、報告書提出時所属先。

大林財団 2021 年度奨励研究助成実施報告書

所属機関名 信州大学大学院

申請者氏名 降幡 昇

研究課題	日本の建築環境工学における日照に関する記述の歴史的変遷 - 太陽位置公式と日影曲線図に関する理論整理と文献調査 -
(概要) 本研究では建築環境工学における日照分野に主眼を置き、三つの主題を展開した。第一に当該分野の発展過程を整理した。第二に当該分野において特に基礎的な理論である太陽位置公式と日影曲線図の導出方法を整理した。第三に建築環境工学に関連する論文と書籍を収集し、太陽位置公式と日影曲線図に関連する記述を抽出し、経年に伴う当該分野の記述傾向の変化を論じた。本研究の目的は当該分野に特化した発展過程を明らかにすることである。本研究は文献調査において明治期から調査期間における最新の文献まで幅広い年代の文献を調査対象とした。当該分野の研究者が分野全体を俯瞰し、当該分野の更なる展開のために再考すべき要素を見出す際の一助となると考えられる。また、近年の関連する書籍において掲載されない太陽位置公式と日影曲線図の理論的な導出方法をまとめており、諸式の理論的理解の一助となると考えられる。	

1. 研究の目的
本研究の目的は国内の建築環境工学を構成する一分野である日照分野に特化した発展過程を明らかにすることである。本研究では多くの項目によって構成される日照分野のうち、特に基礎的事項である太陽位置公式と日影曲線図に着目し、より詳細な発展過程を明らかにする。

2. 研究の経過
1. 導出過程の整理(2022 年 4 月～2022 年 6 月) 太陽位置公式と日影曲線図の理論的導出の過程について、整合性の確認、及び修正を行った。 2. 記述項目の抽出(2022 年 7 月) 建築環境工学に関連する文献の記載より、理論的導出に関連する記述項目の抽出を行った。 3. 学会発表(2022 年 7 月) 2022 年度日本建築学会北陸支部大会にて、これまでの研究成果の発表及び意見交換を行った。 3. 文献調査(2022 年 8 月～2022 年 11 月) 抽出を行った記述項目の有無の調査及び分析、さらに変遷の分析を行う際に背景として用いる追加資料の収集及び分析を行った。これらの調査を並行して行い、太陽位置公式と日影曲線図の理論的導出に関連する記述の有無及び内容の変遷の整理を行った。 4. 修士論文執筆(2022 年 12 月～2023 年 2 月) 所属する大学の学位論文(修論)として、これまでの研究成果を纏め執筆作業を行った。

3. 研究の成果

本研究の構成

本研究では建築環境工学における日照分野に主眼を置き、以下に示す三つの主題を展開した。第一に当該分野の発展過程を整理した。第二に当該分野において特に基礎的な理論である太陽位置公式と日影曲線図の導出方法を整理した。第三に建築環境工学に関連する論文と書籍を収集し、太陽位置公式と日影曲線図に関連する記述を抽出し、経年に伴う当該分野の記述傾向の変化を論じた。

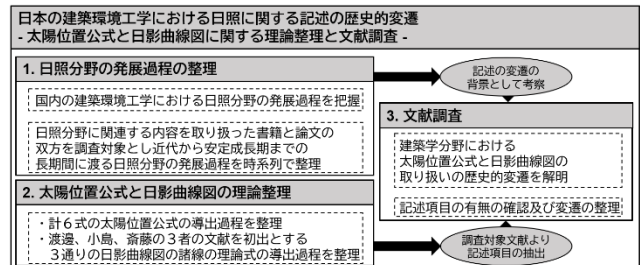


図1 研究の概要

1. 日照分野の発展過程の整理

建築環境工学の一分野である日照分野の発展過程を時系列で整理した。本章で取り扱う内容について、先行研究として小泉の研究¹⁾が挙げられる。小泉は日影曲線図に関する文献調査を行い、論文が発表された当時以前の国内外の関連論文を紹介した。本章では論文と書籍の双方を調査対象とし、より長い期間の日照分野の発展過程を明らかにすることを目的として文献調査を行った。

1. 1. 近代 -日照研究の導入と初期の研究事例-

近代の日本における初期の日照に関する文献の記述や研究の事例等を挙げ、国内の建築学への導入過程を整理した。1896年の森林太郎の著書『衛生新篇²⁾』には“照光法”と題した項目がある。また、1903年の保岡勝也の建築雑誌に掲載された記事『室内の採光に就て³⁾』では建物の間取りや開口部の加工による採光への影響を論じられている。これらの文献から、当時から建築設計において採光が重要視されていたことや、海外にて先行していた技術や知識の導入が行われた時代であったことが推測される。1921年に中島外吉は『日光及日時計の作り方に就て⁴⁾』と題した講演を建築学会において行い、建築雑誌に記録が掲載されている。今日の建築環境工学の日照分野において取り扱う内容と共通する部分が大半を占めており、本研究において調査した限りでは当該記事以前に国内の建築学において同様の内容を取り扱った文献が確認されなかった。国内の衛生学において今日の建築環境工学の日照分野に関連した研究が萌芽し、建築学への導入に至る過程を確認した。

1. 2. 昭和初期 -学問の体系化と日照研究の本格化-

昭和初期に見られる日照に関する研究の事例等を挙げ、当該研究の発展過程や建築環境工学の学問体系の一分野に組み込まれた過程を整理した。昭和期に入り、建築雑誌において建築学関係者による日照に関する研究が多く確認できるようになる。中でも初期の研究事例として木村⁵⁾⁶⁾と渡邊⁷⁾の活躍は非常に大きい。その後1934年に渡邊は『計画原論⁸⁾』を刊行した。当該書籍は今日の建築環境工学の体系化を行ったものである。先に挙げた木村と同様に今日の学問体系の成立において重要なものであったといえる。

1. 3. 戦後～高度経済成長期 -日照研究の成熟化-

戦後から高度経済成長期に見られる日照に関する研究の事例を挙げ、当該研究が成熟した過程を整理した。1940年代後半から1960年代前半にかけて日影曲線図を含む太陽位置図の作図及

び利用に関する論文が非常に多く発表された点が特徴として挙げられる。しかし、後の時代においては基礎的内容を取り扱った研究報告は殆ど確認できなくなったことから、日照研究が成熟を迎えたといえる。

1. 4. 安定成長期 -日照紛争の影響-

安定成長期における日照紛争に着目し、建築環境工学の日照分野に及ぼした影響について整理した。高度経済成長期における経済の発展に伴う日照阻害が多く見られるようになり、後に日照紛争に発展したことを受け、1976年に建築基準法の一部改正により日影規制が導入することとなった。当時に刊行された建築環境工学の関連書籍においても、当時の日照紛争に関する話題は取り上げられていた。1972年に日照計画研究会が刊行した『日照計画データブック⁹⁾』や1976年に伊藤が刊行した『日照関係図表の見方・使い方¹⁰⁾』などの書籍において、実際の日照検討の方法や日照の調査法が解説された。いずれも建築技術者に向けて日照検討のための実務的な技術の修得の必要性を訴える内容となっている。安定成長期においては、建築環境工学の学問体系を形成する一分野に過ぎなかった日照分野が日照紛争という時代背景に伴い注目されるようになったことが確認できた。

2. 太陽位置公式と日影曲線図の理論整理

2. 1. 太陽位置公式の理論整理

天球上の太陽位置、天の北極、天頂の3点によって球面三角形が形成されるため、この位置関係に球面三角法の諸公式を適用することによって太陽位置の公式を導出することができる。本節では渡邊の『計画原論⁸⁾』に掲載されている計6式の導出を行った。

図4には観測点Oを中心とした天球上の太陽位置L、天の北極P、天頂Zの3点によって形成される球面三角形の位置関係を示す。太陽位置Lと天の北極Pを結ぶ線は時円、天の北極Pと天頂Zを結ぶ線は子午線、そして天頂Zと太陽位置Lを結ぶ線は方位円に該当する。これらの点と線の位置関係によって、図4に示す天球上の球面三角形LPZが形成される。この球面三角形LPZに対する球面三角法の諸公式、及び式中の諸角度の変換式を図2と図3に示す。式(1)～(15)の異なる組み合わせにより、図5に示す計6種の太陽位置公式が得られる。

2. 2. 日影曲線図の理論整理

日影曲線図については、図を構成する諸線のそれぞれに理論式が存在する。これまでに国内において刊行された日影曲線図を取り扱う文献を参照すると、渡邊の『計画原論⁸⁾』、小島の『建築学大系8 音・光・熱・空気・色¹¹⁾』、斎藤の『建築環境工学の技術¹²⁾』のそれぞれを初出とする3通りの導出方法が存在することが明らかとなった。本稿では太陽位置の情報を有する4種類の線をそれぞれ等高度線、等方位線、等赤緯線、等時刻線と呼称する。

球面三角法	
正弦定理	
$\frac{\sin L}{\sin l} = \frac{\sin p}{\sin p} = \frac{\sin z}{\sin z}$	(1)
余弦定理	
$\cos l = \cos p \cdot \cos z + \sin p \cdot \sin z \cdot \cos L$	(2)
$\cos p = \cos l \cdot \cos z + \sin l \cdot \sin z \cdot \cos P$	(3)
$\cos z = \cos l \cdot \cos p + \sin l \cdot \sin p \cdot \cos Z$	(4)
正弦余弦定理	
$\sin l \cdot \cos P = \cos p \cdot \sin z - \sin p \cdot \cos z \cdot \cos L$	(5)
$\sin l \cdot \cos Z = \cos z \cdot \sin p - \sin z \cdot \cos p \cdot \cos L$	(6)
$\sin p \cdot \cos L = \cos l \cdot \sin z - \sin l \cdot \cos z \cdot \cos P$	(7)
$\sin p \cdot \cos Z = \cos z \cdot \sin l - \sin z \cdot \cos l \cdot \cos P$	(8)
$\sin z \cdot \cos L = \cos l \cdot \sin p - \sin l \cdot \cos p \cdot \cos Z$	(9)
$\sin z \cdot \cos P = \cos p \cdot \sin l - \sin p \cdot \cos l \cdot \cos Z$	(10)

図2 球面三角法の諸公式

諸角度の変換式	
$l = \frac{\pi}{2} - \varphi$	(11)
$p = \frac{\pi}{2} - h$	(12)
$z = \frac{\pi}{2} - \delta$	(13)
$P = t$	(14)
$Z = \pi - A$	(15)

図3 諸角度の変換式

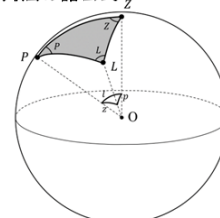


図4 球面三角形LPZ

太陽位置公式	
① $\sin A = \frac{\cos \delta \cdot \sin t}{\cos h}$	
② $\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos t$	
③ $\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin h - \cos \varphi \cdot \cos h \cdot \cos A$	
④ $\cos A = \frac{\sin \varphi \cdot \sin h - \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos h}$	
⑤ $\cos h \cdot \cos A = -\sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos t$	
⑥ $\cot A = \sin \varphi \cdot \cot t - \cos \varphi \cdot \tan \delta \cdot \operatorname{cosec} t$	

図5 太陽位置公式

2. 2. 1. 渡邊の導出方法

先の図4に示す天球上の太陽位置L、天の北極P、天頂Zからなる球面三角形の位置関係に着目し、球面三角法の諸公式を適用することで導出を行うものとなっている。渡邊はこの方法によって、等赤緯線と等時刻線の計2種類の線の導出を行い、それぞれの理論式を得た。得られた理論式は図6中に示す。

2. 2. 2. 小島の導出方法

天球上の太陽位置に関する情報を有する高度円、方位円、赤緯の平行円(太陽軌道円)、時円の4つの円を観測点を焦点として投影面に投影する方法を用い、この投影の過程を諸円の有する理論式を基に計算を行うことで導出を行うものとなっている。小島はこの方法によって、等高度線、等方位線、等赤緯線、等時刻線の計4種類の線の導出を行い、それぞれの理論式を得た。得られた理論式は図6中に示す。

2. 2. 3. 斎藤の導出方法

水平面に棒が直立している状況を想定し、直立する棒と水平面に生じる影の位置関係の中で容易に示せる太陽高度と太陽方位角を利用することで導出を行うものである。得られた式に対して太陽位置公式を代入することで赤緯、時角、観測点緯度によって求まる式に変形することも可能である。斎藤はこの方法によって等赤緯線の導出を行い、理論式を得た。得られた理論式は図6中に示す。

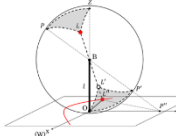
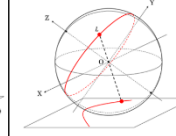
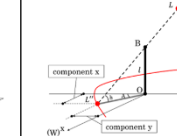
異なる3種類の日影曲線の導出方法		
渡邊『計量学』(1934)	小島『建築学体系』(1955)	斎藤『建築環境工学の技術』(1972)
球面三角法の利用 天球上の太陽L、天の北極Pからなる球面三角形の位置関係に着目 球面三角法の諸公式を適用し導出	天球上の円の投影 天球上の太陽軌道円に注目 天球の中心を基点として 天球と接する投影面に投影し導出	垂直棒と影の位置関係 長さLの垂直棒と影の位置関係に着目 太陽高度と太陽方位角を利用し 投影後の太陽位置のx成分とy成分を導出
		
等赤緯線: $x^2 \sin^2 \delta + y^2 (\sin^2 \delta - \cos^2 \varphi) - 2y \sin \varphi \cos \varphi + \sin^2 \delta - \sin^2 \varphi = 0$ 等時刻線: $\tan \theta = \sin \varphi \cdot \tan t$	等高度線: $x^2 + y^2 = \cot^2 h$ 等方位線: $y = x \cot A$ 等赤緯線: $x^2 \sin^2 \delta + y^2 (\sin^2 \delta - \cos^2 \varphi) - 2y \sin \varphi \cos \varphi + \sin^2 \delta - \sin^2 \varphi = 0$ 等時刻線: $y = x \cot t \cdot \csc \varphi + \cot \varphi$	等赤緯線: $x = \cot h \cdot \sin A$ $y = \cot h \cdot \cos A$ $x = \frac{\sin \varphi \tan t}{\cos A + \tan \varphi \tan t}$ $y = \frac{\tan \varphi - \tan A \tan t}{1 + \tan \delta \tan \varphi \tan t}$ $x = y \cdot \frac{\sin \varphi \tan t}{\tan \varphi - \tan A \tan t}$

図6 異なる3種類の日影曲線の導出方法

表1 太陽位置公式に関連する調査項目

No.	分類	調査項目	No.	分類	調査項目
1	球面三角法	球面三角法の概要	27	太陽位置の算出	式1の導出過程
2		球面三角法の導出	28		式2の導出過程
3		球面三角法の正弦定理の導出	29		式3の導出過程
4		球面三角法の余弦定理の導出	30		式4の導出過程
5		球面三角法の正余弦定理の導出	31		式5の導出過程
6		球面三角法の正余弦定理の導出	32		式6の導出過程
7		球面三角法の正余弦定理の導出	33		式7の導出過程
8		球面三角法の正余弦定理の導出	34		式8の導出過程
9	天球	天球の概要	35	太陽位置の算出	式9の導出過程
10		天球の図	36		式10の導出過程
11		地球と天球の関係	37		式11の導出過程
12		天球の図	38		式12の導出過程
13		天球の図	39		式13の導出過程
14		天球の図	40		式14の導出過程
15		天球の図	41		式15の導出過程
16		天球の図	42		式16の導出過程
17		天球の図	43		式17の導出過程
18		天球の図	44		式18の導出過程
19		天球の図	45		式19の導出過程
20		天球の図	46		式20の導出過程
21		天球の図	47		式21の導出過程
22		天球の図	48		式22の導出過程
23		天球の図	49		式23の導出過程
24		天球の図	50		式24の導出過程
25		天球の図	51		式25の導出過程
26		天球の図	52		式26の導出過程
		天球の図	53		式27の導出過程

表2 日影曲線図に関連する調査項目

No.	分類	調査項目	No.	分類	調査項目
1	天球	天球と観測点の関係	27	日影曲線図の導出	日影曲線図の導出
2		天球と観測点の関係	28		日影曲線図の導出
3		天球と観測点の関係	29		日影曲線図と日影曲線図の関係を示す図
4		日影曲線図を導出する図	30		日影曲線図を導出する図
5		日影曲線図を導出する図	31		日影曲線図を導出する図
6		日影曲線図を導出する図	32		日影曲線図を導出する図
7		日影曲線図を導出する図	33		日影曲線図を導出する図
8		日影曲線図を導出する図	34		日影曲線図を導出する図
9	太陽位置	太陽位置の算出	35	日影曲線図の導出	日影曲線図の導出
10		太陽位置の算出	36		日影曲線図の導出
11		太陽位置の算出	37		日影曲線図の導出
12		太陽位置の算出	38		日影曲線図の導出
13		太陽位置の算出	39		日影曲線図の導出
14		太陽位置の算出	40		日影曲線図の導出
15		太陽位置の算出	41		日影曲線図の導出
16		太陽位置の算出	42		日影曲線図の導出
17		太陽位置の算出	43		日影曲線図の導出
18		太陽位置の算出	44		日影曲線図の導出
19		太陽位置の算出	45		日影曲線図の導出
20		太陽位置の算出	46		日影曲線図の導出
21		太陽位置の算出	47		日影曲線図の導出
22		太陽位置の算出	48		日影曲線図の導出
23		太陽位置の算出	49		日影曲線図の導出
24		太陽位置の算出	50		日影曲線図の導出
25		太陽位置の算出	51		日影曲線図の導出
26		太陽位置の算出	52		日影曲線図の導出
		太陽位置の算出	53		日影曲線図の導出

向を読み取り、建築学及び建築環境工学における太陽位置公式及び日影曲線図の取り扱いの変化を明らかにすることを目的として整理を行った。

3. 1. 太陽位置公式に関する文献調査

太陽位置公式について初めて言及されたのは、中島の講演『日光及日時計の作り方に就て⁴⁾』であった。球面三角法との関連性についても明確に示している。中島が講演で紹介した図6中の式①, ②は、今日に至るまで太陽位置公式として紹介されることが特に多いことが本調査を通じて明らかとなった。その後渡邊の『計畫原論⁸⁾』において本研究で取り扱った計6式が全て記載されたことが確認できた。公式の導出過程に関する記述は翌年の木村の『日照及氣象¹³⁾』において確認できた。以降では、小島¹¹⁾¹⁴⁾や小木曾¹⁵⁾などの一部の文献において導出過程に関する記述が確認できる。しかし、経年に伴い導出過程に関する記述は減少し、1990年代以降では該当する記述が見られなくなったことが明らかとなった。

3. 2. 日影曲線図に関する文献調査

渡邊は『計畫原論⁸⁾』において、等赤緯線と等時刻線の方程式及びその導出過程を記載した。1921年に中島によって導入されたと考えられる日影曲線図であるが、後に渡邊によって理論が整理されたことが推測される。翌年の木村の『日照及氣象¹³⁾』において等赤緯線の方程式について同様の導出を行った記載が確認できた。木村と渡邊の両氏はそれぞれ書籍を刊行する以前に日照分野に関連する論文を発表しており、建築学における日照に関する学問分野の先駆であったことが本調査の結果から読み取れる。後に平山も『建築設計理論¹⁶⁾』において等赤緯線と等時刻線の方程式及びその導出過程を記載しており、先の渡邊の導出方法を踏襲している。

小島は『建築学大系 8 音・光・熱・空気・色¹¹⁾』において先述の渡邊とは異なる方法に基づき、等赤緯線と等時刻線の方程式及びその導出過程を記載した。斎藤も『建築環境工学の技術¹²⁾』において等赤緯線の導出を行った。1980年代になり等赤緯線と等時刻線を示す線のみを取り扱う傾向が強く見られた。1990年代以降は導出過程に関する記述のある文献が非常に少なくなった。

記述傾向が変化した要因として考えられるのは、安定成長期における日照紛争及びそれに伴う日影規制の導入である。この時代に建築設計に携わる技術者は太陽位置の読み取りや日影の検討を行う技術の修得が必要になり、図の読み取りに重きを置いた記述傾向に変化していったと推測される。

参考文献

- 1) 小泉猶一：陽當りの研究(第2報告)，照明学会雑誌，Vol. 20，No. 3，pp. 22-40，1936
- 2) 森林太郎・小池正直：衛生新篇，南江堂，1896
- 3) 保岡勝也：室内の採光に就て，建築雑誌，Vol. 17，No. 195，pp. 70-77，1903
- 4) 中島外吉：日光及日時計の作り方，建築雑誌，Vol. 35，No. 421，pp. 3-34，1921
- 5) 木村幸一郎：垂直窓の方位と日照の關係に就て，建築雑誌，Vol. 43，No. 527，pp. 1411-1424，1929
- 6) 木村幸一郎：建築の諸型體と日射影，建築雑誌，Vol. 45，No. 543，pp. 321-335，1931
- 7) 渡邊要：昭和7年度の太陽高度、方位角及び時に關する圖表，建築雑誌，Vol. 46，No. 563，pp. 1423-1428，1932
- 8) 渡邊要・長倉謙介：計畫原論，高等建築學第13卷奥付，常磐書房，1934
- 9) 日照計画研究会：日照計画データブック，彰国社，1972

- 10) 伊藤克三：日照関係図表の見方・使い方，オーム社，1976
- 11) 小島武男：建築学大系 8 音・光・熱・空気・色，彰国社，1955
- 12) 斎藤利忠 他：建築環境工学の技術，明現社，1972
- 13) 木村幸一郎：日照及気象，東學社，1935
- 14) 小島武男(渡辺要 編)：建築計画原論 I，丸善，1962
- 15) 小木曾定彰：都市の中の日照，コロナ社，1972
- 16) 平山嵩：建築設計理論，科學政策協會出版部，1948

4. 今後の課題

本研究では建築環境工学における日照分野に主眼を置き、当該分野の発展過程と関連文献に見られる基礎理論に関する記述の変遷の2通りの観点で文献調査を行った。今後の展望としては以下の方針が考えられる。

・日照分野における発展的事項の分析

本研究では日照分野の中でも特に太陽位置公式と日影曲線図の2つの基礎的事項に着目して分析を行った。しかし、当該分野は本研究で取り上げた基礎的事項に加え、これらの基礎的事項を応用した様々な発展的事項を含んでいる。例を挙げると、傾斜面や鉛直面における日影曲線図や隣棟間隔の検討、数値解析への応用など非常に幅広い。これらの発展的事項に関連する文献調査を行うことによって、経年に伴い増加していったことが推測される記述傾向を示すことができると考えられる。本研究は建築環境工学の日照分野の基礎となる内容のみを取り扱ったため、当該分野に関して研究の余地があると考えられる。

・他分野への適用

本研究では日照分野について分析を行った。しかし、今日建築環境工学と呼ばれる学問体系では、他にも日射、熱、音、空気等の建築物における環境や衛生に関連する様々な事象を研究対象として取り扱う。本研究で行ったような書籍における記述傾向の変遷や活用される図表の作成の歴史を対象とした調査はこれまでに行われていない。教科書としての役割を担って刊行された書籍は古くから数多く存在し、それらの書籍から学びを得て研究に活用されるという重要な存在意義を有していると考えられる。そのため、関連書籍における他分野の記述傾向等の分析を行うことによって、経年に伴う読者の需要の変化と時代背景との関連を見出せると考えられる。そのため、文献調査の観点として書籍の記述傾向に着目する意義は十分に有していると考えられる。