

# スマートフォン及び魚眼レンズによって撮影した 全天魚眼画像を用いた日照時間推定システム

平川 泰成\* , 森 太郎\*\* , 浅水 仁\*\*\*

## Daylight hours estimation system using a hemispherical photograph taken with a smartphone and fisheye lens

Taisei HIRAKAWA\* , Taro MORI\*\* , Satoshi ASAMIZU\*\*\*

**Abstract** — Recently, global warming and energy shortage are becoming a problem. Therefore, renewable energy is attracting attention as a solution. And one of the promising renewal energy is solar power. But solar power is available only when sun shines. So, it is important to know the daylight hours readily. In this study, we estimated the daylight hours from a hemispherical photograph taken with a smartphone and a fisheye lens, and the error rate was confirmed to be 3.63%. Furthermore, we confirmed that a smartphone can be used to estimate the daylight hours from the hemispherical photograph.

**Key words** : Smartphone, Hemispherical photograph, Daylight hours estimation, Fisheye lens

### 1. はじめに

近年では地球環境問題や電力不足の問題から省エネルギー化が喫緊の課題となっている。その解決策として、再生可能エネルギーの利用が注目されて久しい。今日では、太陽光エネルギーの利用において、家庭でも日照があるところであれば発電が可能なパネルも開発され、一般においてもその利用が容易になっている。しかし、実際にパネル設置予定場所はどの程度の日照があるのかを調べることは難しい。現在では気象庁が一般に公開している過去の気象データ検索[1]によって観測地点での日照時間を得ることが可能である。しかし、太陽光エネルギーの利用には周辺の建造物や植物などの日射遮蔽物の影響を強く受けてしまう。そのため、一般に局所的な日照時間を得るためには日射遮

蔽物の影響を考慮した日照時間推定が必要になってくる。

既存研究として文献[2]では、一眼レフカメラとカメラに合う魚眼レンズを用いて撮影した全天魚眼画像から日照時間推定を行っている。

そこで本研究では局所的な日照時間を推定するため、近年普及が進んでいるスマートフォンと魚眼レンズによって撮影した全天魚眼画像から推定した日照時間の評価を行う。また、スマートフォンのブラウザから全天魚眼画像と推定に必要な情報を計算用サーバに送信することによってスマートフォン上で日照時間推定の結果を得ることが可能なシステムの構築を行う。

### 2. 提案手法

提案するシステムの概略を図1に示す。このシステムは全天魚眼画像と位置情報及び推定期間などの情報を推定用サーバにアップロードすることで、日照時間をスマートフォン上で確認できるというシステムである。

---

\* 釧路高専 専攻科 電子情報システム専攻

\*\* 北海道大学 工学院

\*\*\* 釧路高専 創理工学科

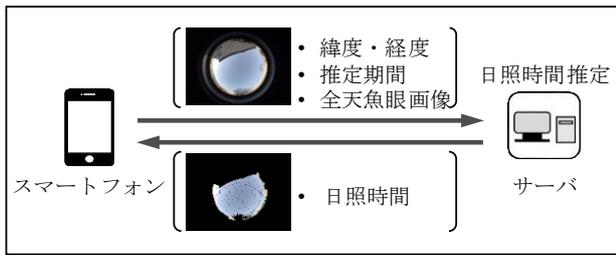


図1 システムの概略図

### 3. スマートフォンによる全天魚眼画像の撮影及び空領域抽出

本研究では画角が 180 度の魚眼レンズ(KDF-025[3])をスマートフォンに装着して撮影を行う。しかし、本研究で使用した魚眼レンズは直接スマートフォンに装着できないものであったため、レンズがずれてしまう問題があった。そこで、図2のようなスマートフォンケースを作製し、レンズを固定したうえで撮影を行った。実際に撮影した写真を図3(日射遮蔽物なし)及び図4(日射遮蔽物あり)に示す。

また、図4から空領域を抽出した画像を図5に示す。

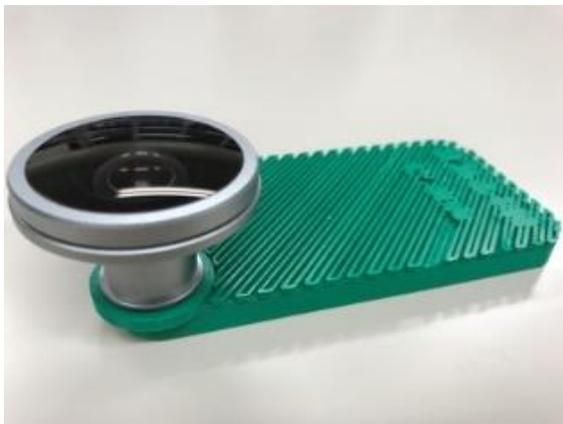


図2 撮影用ケース



図3 入力画像(日射遮蔽物なし)



図4 入力画像(日射遮蔽物あり)



図5 空領域画像

### 4. 日照時間推定手法の概要と検討

本研究では、スマートフォンと魚眼レンズによって撮影した全天魚眼画像を用いて文献[2]の日照時間推定手法をもとに、日照時間推定を行う。

本研究で使用した魚眼レンズは厳密な射影方式がないため、快晴の日におけるアメダスの日照時間を真値として推定した日照時間の誤差率 $\epsilon$ が最も少ないものを射影方式として採用することとした。そこで、気象庁の釧路観測所(北緯  $42.591^\circ$  , 東経  $144.226^\circ$  ), (以降、釧路観測所)で観測された2016年の中で1ヵ月ごとに1日ずつ快晴日のデータを使用しその日の日照時間[1]を真値として、誤差率を求めた。誤差率を $\epsilon$ 、推定日照時間を $E_h$ 及び釧路観測所の日照時間を $A_h$ としたとき、式(1)を用いて推定した日照時間の誤差率 $\epsilon$ の検証を行った。ただし、気象庁の天気概況の昼(6:00~18:00)が快晴である日のデータを用いた。結果を表1に示す。検証の結果、等距離射影方式の誤差率 $\epsilon$ が3.4%と最も低かった。よって、本研究で使用したレンズは等距離射影方式であると仮定して日照時間推定を行うこととした。

$$\varepsilon = \frac{|E_h - A_h|}{A_h} \times 100 \quad (1)$$

表 1 各射影方式による誤差の検証結果

射影方式	釧路観測所との差[h]	誤差率ε[%]
立体射影	5.0	3.7
等立体角射影	5.0	3.7
等距離射影	4.7	3.4
正射影	36.0	26.3

本研究では魚眼レンズの特性式を利用して空領域が抽出された画像上での太陽軌道を求め、局所的な日照時間を推定する。日照時間を推定する手法のフローチャートを図 6 に示す。

本研究で使用している魚眼レンズは等距離射影方式を採用していると仮定し、レンズに入射する光の入射角と写像面への射影は焦点距離を  $f$ 、入射角を  $\alpha$  及びレンズの光軸から入射光が結像される点までの距離を  $y$  と表すと式(2)及び図 7 に示す関係がある[4]。

$$y = f \cdot \alpha \quad (2)$$

等距離射影方式は式からわかるように、画面の中心からの距離と角度が比例しているという特徴がある。射影方式には、画像上の面積が立体角に比例する等立体角射影方式や同じ輝度を持った被写体が画面のどこにあっても一様な濃度で写る正射影方式などがある。

太陽の位置を高度及び方位角で表したとき、式(2)により画像上の極座標へと変換することで太陽軌道を画像上へ描画する。太陽の高度と方位角は近似式により求められる[5][6]。太陽が高度  $h$ 、方位角  $A$  の位置にあるとき、太陽光線は図 7 にあるレンズ上の点  $p(h, A)$  を通り、図 8 にある画像平面上  $P(u, v)$  に投影されるとする。このとき極座標で点  $P(r, \theta)$  は式(3)で表せる。

$$\begin{cases} r = f \cdot (h - 90) \\ \theta = A \cdot \frac{\pi}{180} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $f$  は式(2)に  $\alpha=90$ 、 $y$  はイメージサークルの半径を代入して求める。画面の底辺を北、左辺を東とすると、点  $P(u, v)$  は式(4)によって求められる。このとき、 $u_0$  及び  $v_0$  は直交座標でのイメージサークルの中心座標とする。

$$\begin{cases} u = r \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) + u_0 \\ v = r \sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) + v_0 \end{cases} \quad (4)$$

さらに、図 5 のような空領域抽出処理で出力される画像では空領域以外は黒画素となっている。そのため、空領域を抽出した画像上での太陽軌道を提案手法により求め、太陽軌道が黒画素を通る場合は日射がないとし、そうでない場合は日射があるとする。以上により日射遮蔽物の影響を考慮した日照時間を推定することが可能である。

ここで、本研究における日照時間推定方法の精度を確認するため、使用した魚眼レンズは等距離射影方式であると仮定した実験を行った。実際の観測値との比較実験を行った。実験には図 9 のような日射遮蔽物がほとんどない画像を用いて 1 日の推定日照時間を算出した。比較には釧路観測所で観測された快晴日のみのデータ[1]をひと月に 1 個ずつ使用した。天気概況の昼(6:00~18:00)が快晴のデータ 19 個との比較を図 11 に示す。検証の結果、観測値よりも推定日照時間が数十分ほど短いことがあった。これは、昼(6:00~18:00)以外の時間で天気が曇りなどで日射が遮られたため観測値が少なかったと考えられる。また、提案手法による日照時間の観測値と推定値の誤差率  $\varepsilon$  は式(1)を用いて計算した結果、3.63% となった。

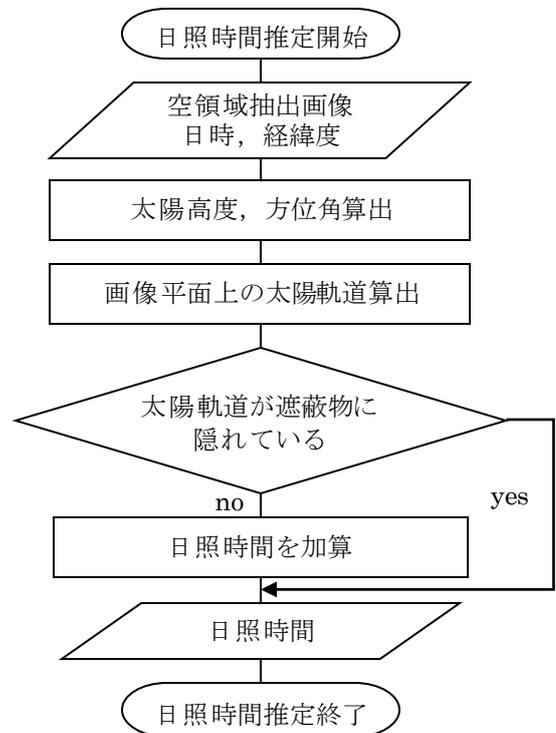


図 6 日照時間推定のフローチャート

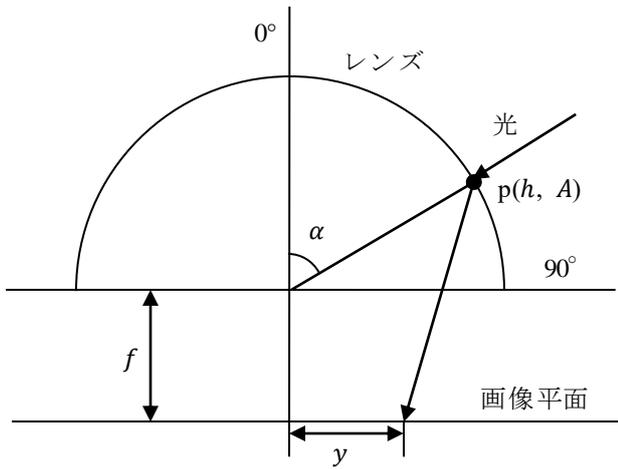


図7 等距離射影方式の特性



図9 入力画像

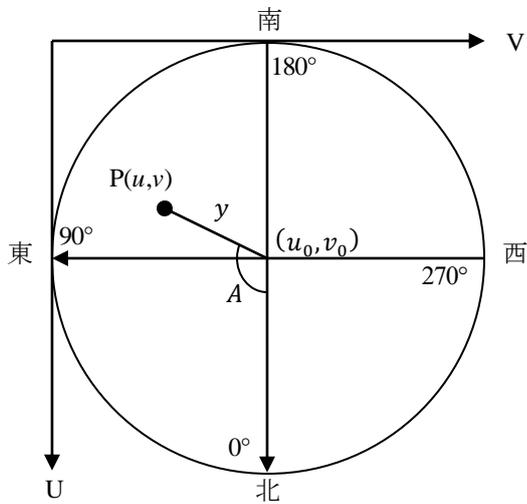


図8 写像平面

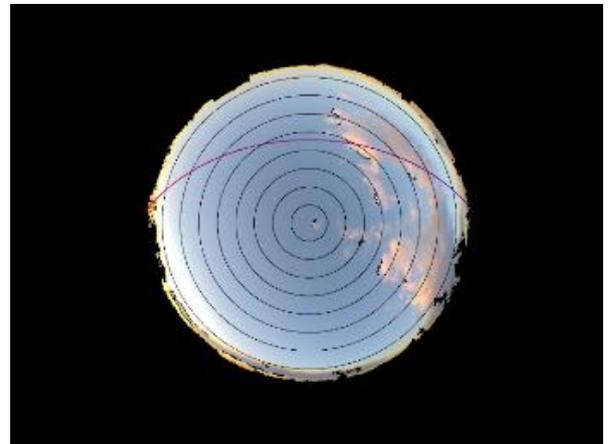


図10 出力画像

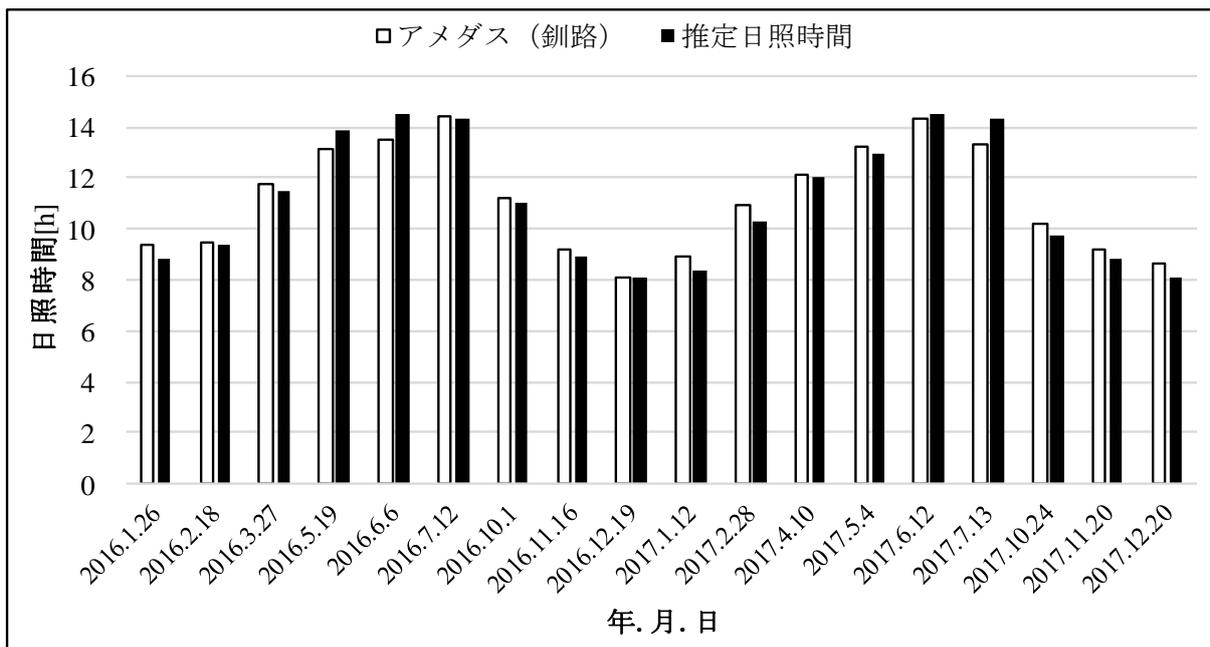


図11 観測値と推定値の比較

## 5. 日照時間推定システム

本研究で提案する日照時間推定システムのシステム図を図 12 に示す。本システムの概要は、日照時間推定を行うためにスマートフォンと魚眼レンズを用いて撮影した全天魚眼画像 1 枚と推定に必要な情報を合わせてサーバへアップロードする(図 12-①)。その後、推定方法を基に空領域抽出処理として、アップロードされた入力画像から建物や植物などの日射遮蔽物を含まない空領域画像などの出力画像を出力する(図 12-②)。空領域抽出処理によって出力された画像を空領域画像選択画面に表示し、その中からユーザが空領域画像を選択し、その結果をサーバに送信する(図 12-③)。そして、推定処理として撮影地点の位置情報及び推定期間の情報を用いて太陽軌道を算出する。その後、4 節で示した手法により、算出した太陽軌道を参考に太陽の位置が空領域画像の空領域内に存在する時間を積算することで日照時間の推定を行う(図 12-④)。最後に、その結果をブラウザに表示する(図 12-⑤)システムである。

また、本システムによって、推定される日照時間は天気の変化は考慮しておらず、常に快晴であると仮定しているため撮影地点での最大の日照時間となる。さらに、日射遮蔽物は不動であると考え、撮影地点での最大の日照時間を推定するため、写真撮影は 1 回で済む。複数回撮影した場合でも日射遮蔽物の位置は変化しないため推定結果は変わらない。

## 6. 空領域画像の選択

本手法の日照時間推定において前処理となる空領域抽出処理では、入力画像を白黒濃淡画像に変換し、キャニー法によりエッジを検出する。そして、ラベリング処理で空領域とそれ以外の領域を分離するのだが、図 13 のように空領域に跨って電線や柱などの日射遮蔽物がある場合、図 14 及び図 15 のように遮蔽物を境目に別の空領域として出力してしまう(図 13~15 は一眼レフカメラにて撮影)。そこで、ユーザが空領域の選択をする空領域画像選択画面を設ける。

空領域画像選択画面の概要を図 16 に示す。この画面で空領域画像を選択することで電線や建物の柱などで空領域画像が複数出力された場合でもユーザが意図する空領域を選択することが可能となる。複数枚の空領域画像を用いた場合の推定処理は画像ごとの日照時間を足し合わせることで、複数枚の空領域画像からでも日照時間の推定が可能である。



図 13 入力画像

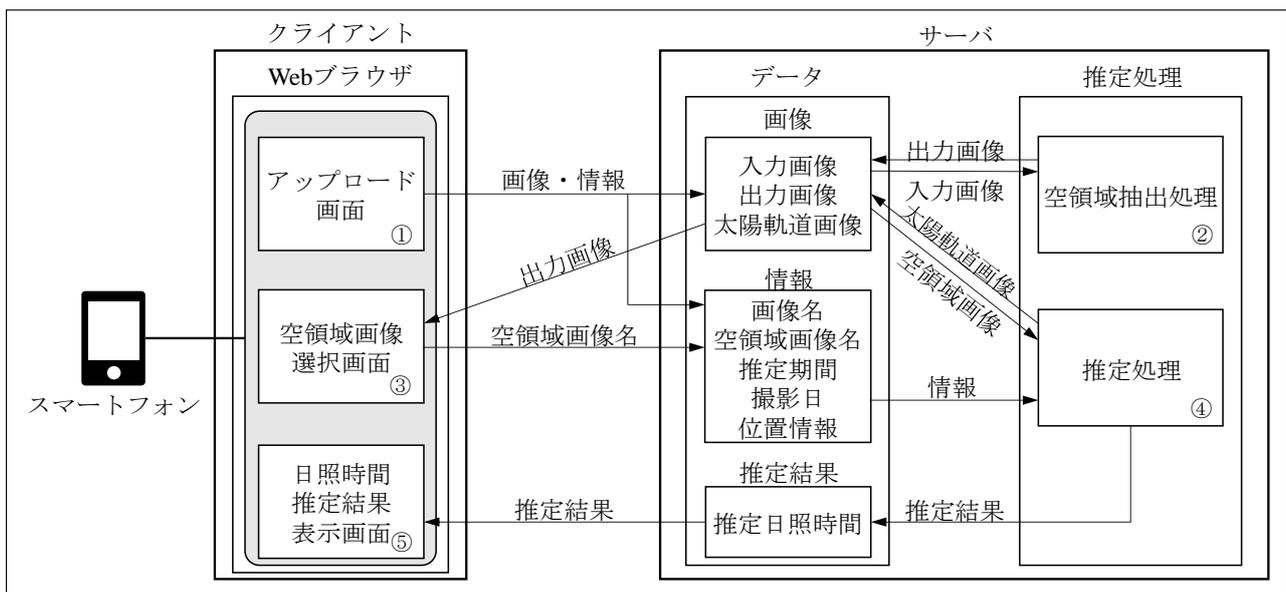


図 12 システム図

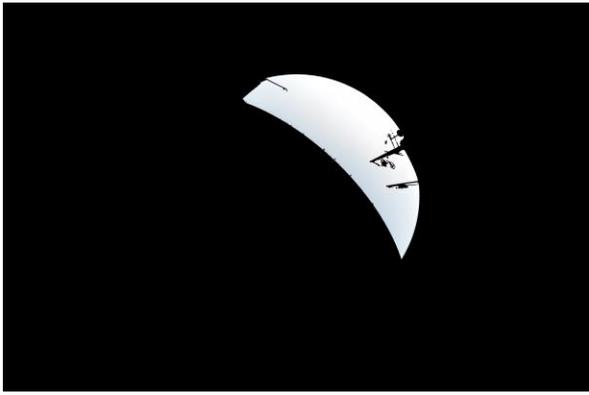


図 14 空領域画像 1



図 15 空領域画像 2

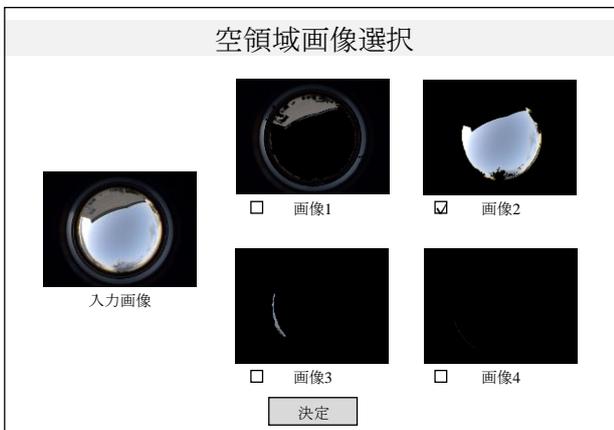


図 16 空領域画像選択画面の概要

## 7. 推定結果の表示

日照時間推定処理後に、推定結果を表示する画面の概要を図 17 に示す。この画面には日照時間推定に用いた情報や入力画像、選択した空領域画像、推定処理によって撮影日の太陽軌道が描画された出力画像及び推定結果を表示する。情報や入力画像及び出力画像を表示することでユーザが意図した情報及び画像によって推定処理を行ったことを確認することが可能となる。



図 17 日照時間推定結果表示画面の概要

## 8. むすび

本研究では、日照時間推定をスマートフォンと魚眼レンズによって撮影した全天魚眼画像を用いて日照時間推定を行うことを目的に、スマートフォン上から日照時間推定が可能な手法について述べた。結果として、スマートフォン上から推定用サーバに全天魚眼画像と推定に必要な情報をアップロードして推定を行うことで局所的な日照時間の推定は可能であることを確認した。

今後の課題としては、地域ごとの晴天率を考慮した日照時間推定の実現が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 国土交通省 気象庁ホームページ, 各種データ・資料, 過去の気象データ検索, “<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>”, <2019>
- [2] 星野 佑輔, 森 太郎, 浅水 仁, “魚眼画像を用いた日照時間推定システムの開発に関する検討”, 情報処理北海道シンポジウム 2016, No.18, Oct. 2016, pp.84-89, <2019>
- [3] フィッシュアイコンバージョンレンズ KDF-025, “<https://www.kenko-tokina.co.jp/discontinued/cat899/cat901/4961607432495.html>”, <2019>
- [4] FI-085/111 有限会社フィット, “[http://fit-movinge.jp/products/optics/consumer\\_optics/fi\\_series/fi\\_02.html](http://fit-movinge.jp/products/optics/consumer_optics/fi_series/fi_02.html)”, <2019>
- [5] 太陽の高度と方位角, “<http://k-ichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/sunShineAngle/ssa.html>”, <2019>
- [6] 国立天文台, 太陽の高度, 方位角および影の位置の概略値の求め方, “<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/topics/tex/topics2005.pdf>”, <2019>