

衛星-地上局間光空間通信のための環境データ情報の統計処理報告

Report of the Environmental-data Statistical Processing for Satellite-to-Ground Stations Optical Communications

鈴木健治 國森裕生 豊嶋守生
Kenji Suzuki, Hiroo Kunimori, Morio Toyoshima

情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所
Wireless Network Laboratory, National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

1. まえがき

衛星-地上局間光空間通信において、地上のネットワーク網で繋がれた複数の地上局間でサイトダイバーシティを組めば、定性的にはいずれかの地上局で晴天域が確保でき、光衛星回線が確立できると考えられる。これまで気象衛星「ひまわり」、アメダス等、気象庁のデジタル気象統計情報を利用した解析の研究は行われてきているが[1][2]、定量的・統計的に環境データ情報の蓄積を行い解析処理することにより、その有効性を示す必要がある。そこで解析可能な雲量・雲高、統計的晴天域分布等の環境データ情報の長期的な収集・蓄積・解析から検証するための地上局光通信環境データ情報収集システム[3][4]を構築し1年間以上のデータを蓄積したので、その一次解析結果について述べる。

2. 環境データ情報処理方法

環境データ情報収集装置は全国 10 ヶ所に設置し晴天域を識別するための全天モニタカメラ、雲量・雲高計と各種気象測器のデータを毎分間隔で取得する。

雲量推定: 図1に示す定義で赤外放射計(視野角 60 度)の観測局上空の赤外放射温度 T_o 及び、地表温度 T_a を計測し、計測時近傍の地表温度の平均気温 T_m と標高 $h[m]$ から海面平均気温 T_s を求めるとともに、各地の全天カメラ画像データの目視雲量の過去データを統計計算して得られた一次相関関数で得られた係数 a 及び b を用いて式 1 から雲量率 Cr を求める。全雲量は 5 方向の赤外放射温度を同じ重みづけで相加平均をとっている。

$$Cr = ((T_o - T_a) - b) / a \dots \dots \dots \text{式 1}$$

$$T_m = \sum_{i=1}^n T_{ai} / n, T_s = T_m + 0.0065 \times h,$$

$$a = a_1 \times T_s + b_1, b = a_2 \times T_s + b_2$$

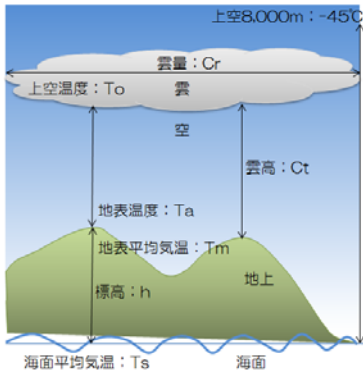


図1 雲量推定イメージ

表1 年間晴天率

観測局	晴天率
	65%以上
大樹町	38.4%
仙台	46.8%
鹿嶋	46.3%
小金井	49.6%
横須賀	23.3%
北陸 StarBED	38.1%
けいはんな	43.3%
神戸 KARC	47.7%
はがね山	21.4%
沖縄	34.8%

大気透過率 [%]: 全天日射量と太陽定数を太陽高度で補正した量を大気透過率と見なし、全天日射量が 120W/m² 以上であった時刻のデータセットを利用して環境データ(全雲量、相対湿度、地表温度、上空温度との温度差、気圧、風速)との回帰分析を行い求めた回帰式を利用し大気透過率(=光通信可能率)を推定している。

晴天判定: 雨量が 1mm 以上で雨、全雲量が 90%以上なら曇り、90%未満なら晴れと判定している。表1に 2014.6~2015.5 までの1年間の各観測局における1日の時間率で晴天率が 65%以上だった比率を示す。

3. SOTA 実験時の晴天判定

SOTA(Small Optical TrAnsponder)は 2014 年 5 月 24 日に H2A ロケットによって軌道高度 650km の太陽同期軌道に打上げられた SOCRATES(Space Optical Communication Research Advanced Technology Satellite)周回衛星に搭載された超小型光通信機器であり、NICT 小金井地上局との間で 1.5 μm 波長の光空間通信実験を行っている[5]。2014.8~12 の期間において衛星通過時間帯に晴れ間があって実験が可能であった時と、雨または曇りのため実験ができなかった時の環境データ情報から計算された実験時間帯 1 時間の晴天判定による晴天率を比較したところ、天候によって光通信回線が確立できなかった 25 回の実験実施日は晴天率の平均は 13.7%で、ビーコンが受信できたか光通信回線が確立できた 13 回の晴天率の平均は 79.5%という結果となり晴天判定の妥当性が確認された。

4. おわりに

光空間通信に使用するレーザ波長と環境データ情報との相関を検証し、季節変動をとらえるため少なくとも 2 年間の環境データ情報を収集・蓄積し解析して、衛星-地上局間の光空間通信回線確立のためのサイトダイバーシティによる衛星パス時における見通し予測を行い、最適地上局の選択アルゴリズムを検討する予定である。

参考文献: [1] 高山佳久, 豊嶋守生, “低軌道衛星と地上局間における光通信の実施頻度に関する検討”, 信学論文誌 B, J94-B, 3, pp. 402-408 (2011). [2] H.Ninomiya, Y.Takayama, H.Fukuchi, “Diversity Effects in Satellite-Ground Laser Communications using Satellite Images”, AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC-2011), 2011-8033, pp. 1-5 (2011/11/28-12/1, Nara, Japan). [3] 鈴木健治, 久保岡俊宏, 布施哲治, 山本伸一, 辻宏之, 森川栄久, 高山佳久, 國森裕生, 豊嶋守生, “衛星-地上局間光空間通信のための実環境データ統計処理によるサイトダイバーシティ効果実証実験システムの概要”, 信学会 2013 年ソサイ大会, B-3-21, p229, 2013-09. [4] 鈴木健治, 久保岡俊宏, 布施哲治, 山本伸一, 國森裕生, 豊嶋守生, “衛星-地上局間光空間通信のための実環境データ情報収集システム”, 信学技報, Vol.113, No.436, SAT2013-50(2014-2), pp1-4, 2014-02. [5] Y.Munemasa, H.Takenaka, D.Kolev, N.Iwakiri, M.Akioka, Y.Koyama, H.Kunimori, Y.Takayama, M.Toyoshima, “Initial Report of Satellite-ground Laser Communication Experiment using Small Optical TrAnsponder (SOTA)”, 30th ISTS, 2015-j-15, 2015-07.