

## 温湿度ロガーを用いた書庫内温湿度の計測

小林 幸志

### はじめに

本稿は、東京大学経済学図書館において2011年10月より開始した、温湿度ロガーによる書庫内温湿度の計測について述べる。

### 1. 温湿度計測の理由と経緯

経済学図書館の書庫は地上7層地下1層の8層構造となっており、書庫全体で約80万点の資料が収められている（後掲図3）。

書庫の地下1層（以下、地下書庫と呼ぶ）は従来教室が設置されていた場所を改修したもので、Aブロック～Fブロックまでの6区画、マイクロフィルム保管庫の計7区画で構成され、すべてのブロックに集密書架が設置されている（後掲図2）。しかし、空気循環の悪さや温湿度管理が不十分であったためカビによる被害が多発した<sup>1</sup>。

2006年に実施された経済学部資料室等による調査後、温湿度管理を徹底するため各区画にアナログ温湿度計を1～2個設置し、継続的に温湿度の計測を行うこととした。計測は経済学図書館で閲覧業務を行う図書運用係が担当し、開館時間中に地下書庫を定期的<sup>2</sup>に巡回し記録を行っていた。

### 2. 巡回による計測方法の問題点

巡回による計測には次の利点があると考えられる。

- ・温湿度からでは分からない書庫内環境の変化、資料の被害、害虫の発生などに気づくことがある。

- ・集密書架等機器の異常を早期発見することができる。

- ・書庫に入っている利用者からの質問にその場で応じることができる。

一方、巡回による計測は次の問題を抱えていた。

- ・継続的な計測が難しい。

- ・計測された温湿度データの管理が困難。

- ・計測頻度（巡回頻度）を上げづらい。

巡回による計測は1回につき15～20分程度かかり、巡回担当者が閲覧業務から抜けることにより係の主要業務である閲覧希望者への対応に影響を及ぼすことがあった。また、利用者が多い日・時間帯にはその対応に追われ、温湿度の計測が行われなかったことも少なからずあった。

また、巡回時に使用した記録用紙（写真1）から温湿度の数値をExcel等の表計算ソフトへ入力する必要があるため、入力の手間と入力されたデータの継続的な管理に問題を抱えていた。

さらに、1日3回の巡回・計測では空調機器の故障等による温湿度の急激な変化に気付くことができず、リアルタイム、もしくは高頻度の巡回で地下書庫内の温湿度を把握することが求められていた。しかし、巡回頻度を上げることは困難であった。

写真 1. 巡回時に用いた記録用紙

年 9 月にこれらの機器の設置・導入作業を行った。



写真 2. 「おんどとり ease」子機

### 3. 温湿度ロガーの導入目的

経済学部資料室より温湿度ロガーによる温湿度計測の提案があり、地下書庫への導入を決定した。導入にあたっては、次の目的を果たせる製品を選定することとなった。

- ・地下書庫内の温湿度をリアルタイムかつ遠隔地から把握できること
- ・温湿度データの蓄積等について、管理が容易であること

### 4. 「おんどとり ease」の導入

以上の目的を果たせる温湿度ロガーとして「おんどとり ease」(株式会社ティアンドデイ社製)<sup>3</sup>の購入を決定した。購入理由として以下の点が挙げられる。

- ・導入目的をすべて果たせる。
- ・東京大学内の図書室(東京大学大学院理学系研究科・理学部物理学図書室)で導入実績がある。
- ・他の温湿度ロガーと比較し安価で入手できる<sup>4</sup>。

経済学図書館では「おんどとり ease」親機 1 台、子機 12 台・中継機 4 台を購入した。同時に親機へ接続する Windows 端末(以下、管理用端末と呼ぶ)を調達した。この後 2011

### 5. 温湿度ロガーの設置

#### 5.1. 「おんどとり ease」のデータ伝送の特徴

温湿度データの伝送において「おんどとり ease」は以下の特徴を持つ。

- ①「おんどとり ease」親機は複数の子機から、計測した温湿度データを受信することができる。
- ②「おんどとり ease」子機は温湿度を測定する機能のほか、子機・中継機・親機間で温湿度データを転送する機能を備える。
- ③中継機は子機(または中継機)間で温湿度データを転送する機能を備え伝送距離を延ばすことができる。ただし、温湿度を測定できない。
- ④温湿度データ転送には特定小電力無線<sup>5</sup>を用いる。

「おんどとり ease」は、子機で計測した温湿度データを親機が接続された管理用端末で受信する仕組みとなっている。上記②で挙げた特徴により子機の複数設置と子機間での伝送が可能のため、子機を地下書庫内に分散設置

し計測範囲を広げることができる。なお、子機間の伝送経路は管理用端末で容易に設定できる。

また、子機は電池で稼働するためコンセントが近くにない場所でも容易に設置できる。反面、定期的な電池交換が必要となる。

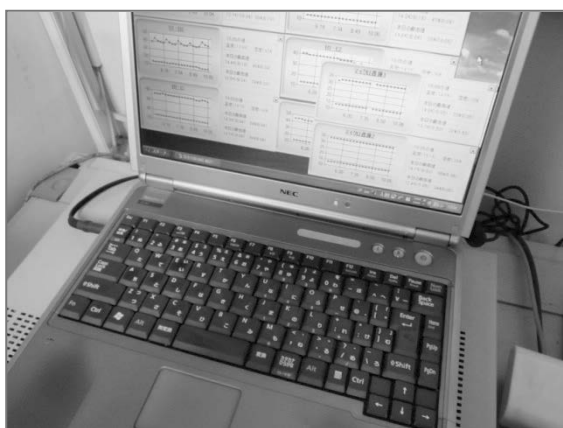


写真 3. 親機を接続した管理用端末

③の中継機は②で述べた子機と比べ温湿度を計測できない点異なるが、家庭用電源で稼働するので子機のように電池交換を行う必要がない。そのため、電波の伝送に有利と思われる建物の柱・壁の影響を受けにくい高所に設置することができる。ただし、コンセントが近くにない場所への設置は困難である。



写真 4. 親機 (写真右上)

④の利点は、無線免許申請等の複雑な手続きを行わずに温湿度データの伝送手段として

無線を用いることができる点である。しかし、子機・中継機・親機間の伝送距離はそれほど長くない上、設置環境に左右されやすい。

「おんどとり ease」の製品仕様<sup>6</sup>では伝送距離について「見通しの良い場所で約 50m」との記述がある。しかし、この数値は本体（または中継器）間が見通せる場合の最大距離であり、実際には建物の壁・柱、金属製の集密書架が間に入ることにより伝送距離は極端に短くなる。

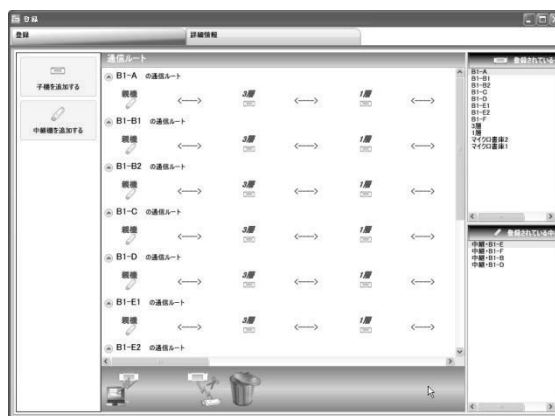


図 1. 転送経路設定画面

## 5.2. 温湿度ロガーの設置場所

温湿度ロガー(「おんどとり ease」子機)は、巡回の対象となっていた温湿度計の近辺に設置した。配置場所の詳細は図 2「温湿度ロガー・中継器の配置箇所」に示した。

同時に、温湿度ロガーで取得した温湿度データを事務室で常時参照できるようにするため、地下書庫から経済学図書館 3 階の間にデータ中継を行えるよう子機を 2 台設置した。これらの設置場所は図 3「階層間の温湿度ロガー配置箇所」に示した。

前者の地下書庫内での配置、後者の階層間での配置で気づいた点・苦勞した点については次の項で述べる。

### 5.3. 地下書庫内の設置

地下書庫内においては従来から設置している温湿度計の近辺に子機を置くこととした。しかし、温湿度計は通路から離れた集密書架の奥側に設置されており、金属製の集密書架が伝送状況を悪化させることから温湿度データの伝送に懸念を抱いていた。

図2に現在設置している子機・中継機の場合を示したが、当初は中継機を2ヶ所（EブロックとFブロック近辺の■）のみに設置し、Bブロック・FブロックからのデータをFブロック近辺の中継機、同様にCブロック・Dブロック・Eブロックとマイクロ書庫からのデータをEブロック近辺の中継機へ伝送する予定であった（図3中の破線矢印）。

しかし、実際に設置したところBブロックとDブロック内にある子機からの伝送が頻繁に失敗した。

失敗の原因として以下の点が考えられる。

- ・Bブロック：集密書架から通路までの距離が他より若干長い上、中継機（Fブロック近辺）までの距離も比較的長く、その間に電波が減衰する。

- ・Dブロック：集密書架の奥に設置されている点是他の子機と変わらないが、Dブロックと通路の間はドアと壁で仕切られ、これらにより電波が減衰する。

そのため、子機・中継機間の距離がより短くなるようBブロック・Dブロック内の高所へ新たに中継機を設置した。中継機の設置にともない伝送経路を図2のように変更したところ、伝送に失敗する現象はほとんど見られなくなった。

一方、マイクロ書庫の温湿度データはEブロック内の子機への伝送に難なく成功している。

マイクロ書庫は温湿度を一定に保つため四方をRC壁で区切られている。しかし、Eブロック内の子機とマイクロ書庫内の子機との距離は数mしか離れていないことから、これらの子機間では電波が壁を透過して伝送が行われていると考えられる。遮蔽物があっても伝送に成功することがあることに気付かされた一例である。

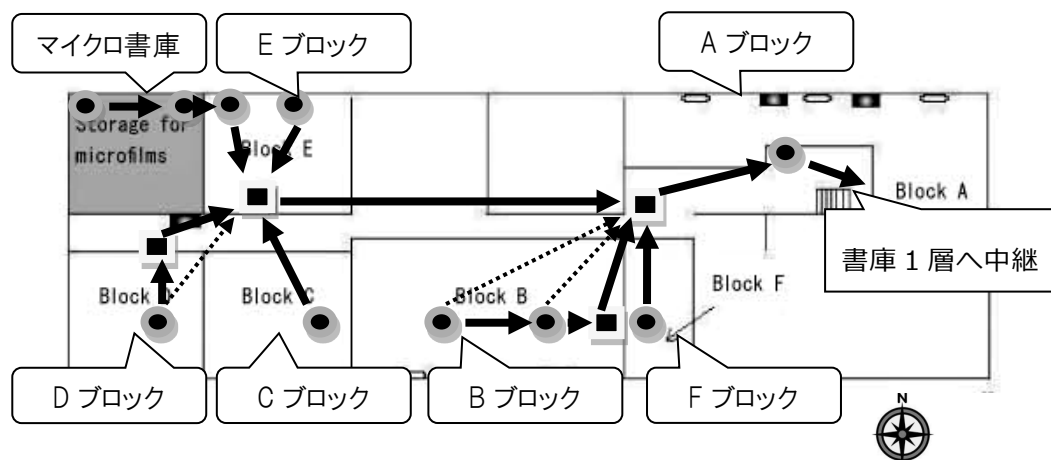


図2. 温湿度ロガー・中継機の配置場所（地下書庫）

●は温湿度ロガー（子機）、■は中継器

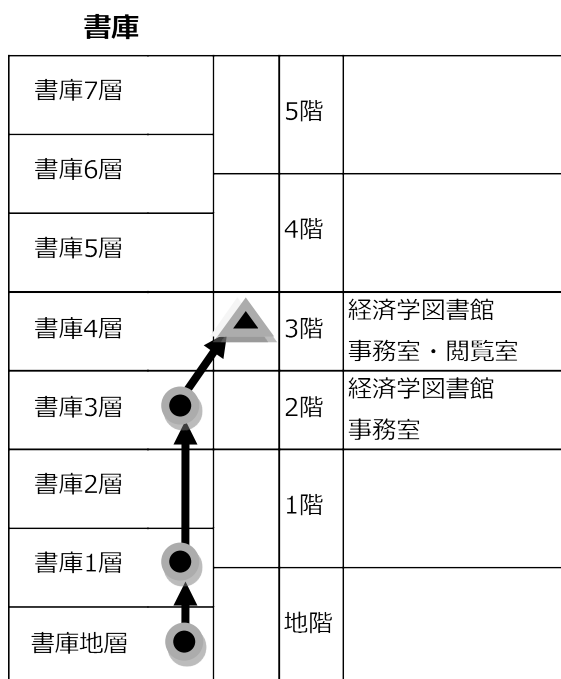


図 3. 階層間の温湿度ロガー配置箇所

(書庫を北から見た断面図)

●は階層間を中継する役割を果たす温湿度ロガー（子機）、▲は温湿度ロガーを管理する親機を設置した箇所、矢印は温湿度データの伝送経路。



写真 5 Eブロック近辺に設置した中継機

少しでも伝送状態をよくするため、天井近く高所に設置している。

なくなった。

一方、マイクロ書庫の温湿度データはEブロック内の子機への伝送に難なく成功している。

マイクロ書庫は温湿度を一定に保つため四方をRC壁で区切られている。しかし、Eブロック内の子機とマイクロ書庫内の子機との距離は数メートルしか離れていないことから、これらの子機間では電波が壁を透過して伝送が行われていると考えられる。遮蔽物があっても伝送に成功することがあることに気付かされた一例である。

#### 5. 4. 階層間での配置

地下書庫で計測された温湿度データを経済学図書館3階・事務室内に設置した親機に伝送するため、書庫内のエレベータ脇敷か所に子機を設置した。

設置箇所の選定にあたっては設置する子機の数ができる限り少なくすることを最優先とし、試行錯誤の上、書庫1層・書庫3層に子機を設置することとした。

中継機ではなく温湿度の測定ができる子機を設置した理由は、中継機の稼働に必要なコンセントを書庫内で確保できなかったためである。

また、家庭用電源の延長ケーブルを用いて子機と同じ場所に中継機を設置して運用を行ったところ、子機同士では正しく行われた伝送が一切できなくなったことも理由の一つである。子機と中継機では電波の送受信能力に差があることがその原因と考えられる。

#### 6. 温湿度ロガーの運用による効果

2011年9月中に設置作業を終え、翌10月に温湿度ロガーによる地下書庫の温湿度計測

を開始した。

その後の効果について以下に述べる。

### 6.1. 巡回回数の減少

温湿度ロガーの導入により、地下書庫内の温湿度を事務室内で常時把握できるようになった。図4は管理用端末のデスクトップ画面であるが、各子機で計測した温湿度が常に数値・グラフで表示される。なお、数値・グラフは5分おきに更新されるよう設定している。



図4. 管理用端末のデスクトップ画面

また、事務室内で温湿度を把握できるようになったため、温湿度計測のために地下書庫を巡回する回数を1日3回から1回に減らすこととした。

### 6.2. 蓄積された温湿度データの活用

「おんどとり ease」には各子機で計測した温湿度を蓄積<sup>7)</sup>し、毎日決まった時間にこれらのデータを管理用端末に吸い上げる機能を有している。経済学図書館では、各子機で計測された温湿度データ(10分ごとに取得)を毎日9時に吸い上げるよう設定を行なっている。

吸い上げられたデータは「おんどとり ease」の管理ソフトで利用できる形式(TRX形式)

であるため、そのままでは Microsoft Excel 等の表計算ソフトで使用することができない。また、1つのファイルには1台の子機で計測した1日分の温湿度データしか収められない。そのため、計測日数が増すたびに子機の台数分ファイル数が増えデータ管理がより困難となる。



図5. 子機から吸い上げたファイルの一覧

「おんどとり ease」の製造元であるティアンドデイ社のサイト<sup>8)</sup>で提供されているβ版ソフトウェア「データファイル結合ユーティリティ」<sup>9)</sup>で、TRX形式のファイルをCSV形式に変換したり、複数のファイルを1つに統合することができる。また、ある期間の温湿度をグラフ・数値で表示することもできる(図6)。

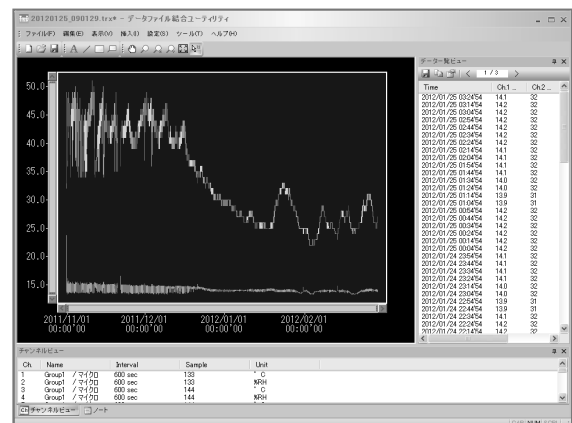


図6「データファイル結合ユーティリティ」画面

## 7. 運用開始後に気づいた点

運用開始から数か月が経過し、その中で気付いた点を以下に挙げる。

### 7.1. 定期的な電池交換の必要性

子機を稼働させるには単三電池一本を要する。「おんどり ease」の製品仕様には「電池寿命 約 6 か月」とあるが、当館での運用においては 2 週間～1 か月程度で寿命に達することが実際の運用で分かった。

電池寿命が製品仕様よりも短いのは、電波の送受信に不利な条件が多い地下書庫での運用が相当な負荷であること、温湿度をリアルタイムで表示しているため子機・中継機・親機間での伝送が頻繁に行われていることが原因であろう。

比較的短い間隔で電池を交換しなくてはならないため単三形充電電池<sup>10</sup>を 24 本購入した。購入本数を子機（12 台）の 2 倍とすることで、電池の交換時期には常に充電済みの充電電池を用意できる。また、交換時に抜き取った充電電池を充電し次の交換に備えることができる。

なお、当館では 2 週間おきに電池交換を行っている。

### 7.2. 設置できる子機・中継機の台数制限

温湿度ロガーによる地下書庫の温湿度測定が成功したため、書庫内の他層についても温湿度ロガーを導入しようと試みた。

「おんどり ease」は親機 1 台につき最大 16 台の子機まで接続できる仕様<sup>11</sup>となっている。今回の導入では子機を 12 台使用しているため、さらに残り 4 台を追加できるものと考えていた。

しかし「16 台の子機」には中継機の台数も

含まれ、既に子機 12 台・中継機 4 台（計 16 台）を使用している状況で子機の追加はできなかった。

今後計測箇所を増やす場合は、現在導入しているものとは異なる親機と管理用端末を導入する必要がある。

### 7.3. リアルタイムでの温湿度取得の失敗

試行錯誤の上中継機の設置場所を決定したが、稀にリアルタイムでの温湿度取得に失敗することがある。

取得に失敗することが多いのは B ブロック内に設置した子機 2 台である。前述したとおり、B ブロック内の子機は中継器を 1 台追加し温湿度データの伝送ができるようになった経緯がある。

金属製の集密書架以外にも伝送を妨害する何らかの原因があると思われるが、現時点では判明していない。

なお、子機単体での温湿度計測・データの蓄積には問題がないため、リアルタイムで温湿度を見られなかった時でも、子機から吸い上げた計測データでその間の温湿度を調べることができる。

## おわりに

温湿度ロガーの導入により、巡回を行わずに地下書庫内の温湿度を把握でき、かつ、従来では測定できなかった時間帯（夜間など）についても温湿度データの取得が可能となった。

反面、目に見えない電波の伝わりを考慮しつつ慎重に設置を行う必要があること、得られた大量の温湿度データの管理・活用に若干の困難があることも事実である。

今後も継続して温湿度ロガーの運用を行

い、資料保存により適した書庫環境の整備や (こばやし こうじ：東京大学経済学図書館図書運用係主任)  
調査・研究に役立てるようノウハウを蓄積し  
たい。

- 
- <sup>1</sup> 地下書庫の構造、およびカビ被害の実態については次の文献を参照。  
吉川也志保・小島浩之・佐野千恵「大学における学術資料の保管状況とその問題点：東京大学経済学部図書館の事例」『保存科学』46, 2007.3 <<http://www.tobunken.go.jp/~hozon/pdf/46/MOKUZI46.html>>
  - <sup>2</sup> 開館日に1日3回(開館準備時・14:30・16:30)巡回を行い、記録用紙に各温湿度計の数値を記録していた。
  - <sup>3</sup> 「おんどとり ease」の詳細情報は次のページを参照。<<http://www.tannd.co.jp/rtr322/index.html>>
  - <sup>4</sup> 「おんどとり ease」単体での価格は7,245円(税込・株式会社ティアンドデイ社オンラインショップにて)。電波等を用いてリアルタイムの温湿度を取得できる温湿度ロガーの価格は、株式会社ティアンドデイ社・他社いずれの製品も2万円以上する。ただし、これらの機種は「おんどとり ease」より蓄積できるデータ数・電池の持ち具合などの点で優位である。一方、メーカーは「本製品は、一般の家庭やオフィスなどで手軽に温湿度を確認し、記録することをコンセプトに作られています。業務用・産業用などで温湿度管理をする場合には、より高機能で高性能なデータロガーをご使用ください」<<http://www.tannd.co.jp/rtr322/product/>>と公表している。したがって、導入に際しては、人手で巡回する計測に比べれば、それ以上の性能で継続的に楽に温湿度チェックでき、その分値段も安価という前提を理解しておく必要がある。経済学図書館ではこういった手軽な製品を通常は利用して状態を監視し、もし万が一問題になるデータが記録されれば、その際は高性能なデータロガーで厳密な測定を行うよう段階分けして管理している。
  - <sup>5</sup> 無線局免許を必要としない無線設備。「総務省 電波利用ホームページ」が詳しい。<<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/ml/small.htm>>。「おんどとり ease」はARIB STD-T66規格を用いており、極超短波を用いて通信を行う。
  - <sup>6</sup> 「おんどとり ease」製品仕様 <<http://www.tannd.co.jp/rtr322/product/specification.html>>
  - <sup>7</sup> 蓄積量は1,440データ(「おんどとり ease」製品仕様より)。10分おきに温湿度を計測した場合、子機内に10日分の温湿度を蓄積できる。蓄積量を超えたデータは自動的に削除される。
  - <sup>8</sup> ティアンドデイ社・β版ソフトウェアダウンロード<[http://www.tannd.co.jp/support/download/software\\_beta.html](http://www.tannd.co.jp/support/download/software_beta.html)>
  - <sup>9</sup> ソフトウェアの詳細は <[http://www.tannd.co.jp/support/download/01b\\_software.html](http://www.tannd.co.jp/support/download/01b_software.html)>。
  - <sup>10</sup> エネループ(三洋電機製)を購入。
  - <sup>11</sup> 「おんどとり ease」製品仕様 <<http://www.tannd.co.jp/rtr322/product/feature.html#func3>>
- ※ 以上に記したURLはすべて2012年3月13日現在のもの。